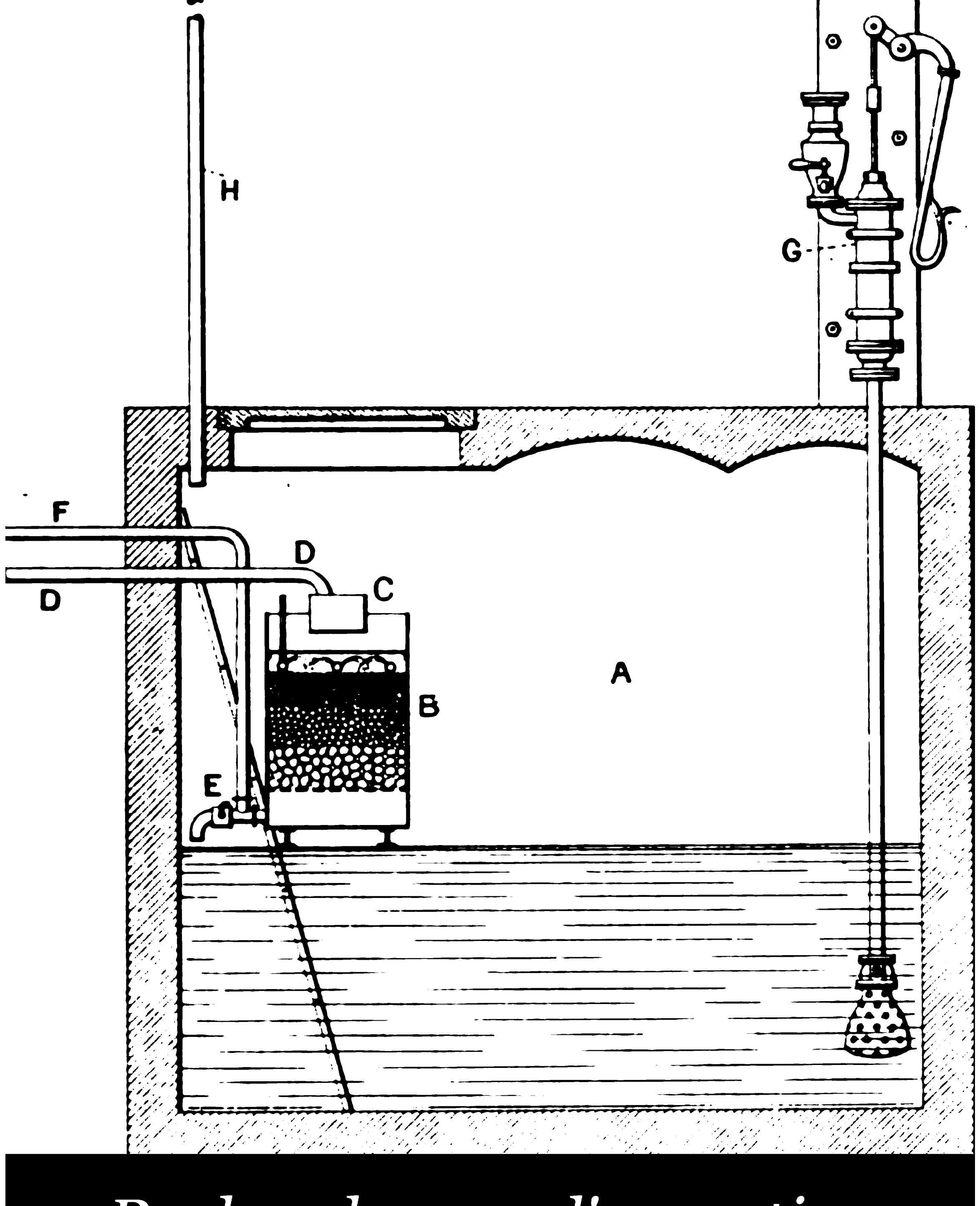
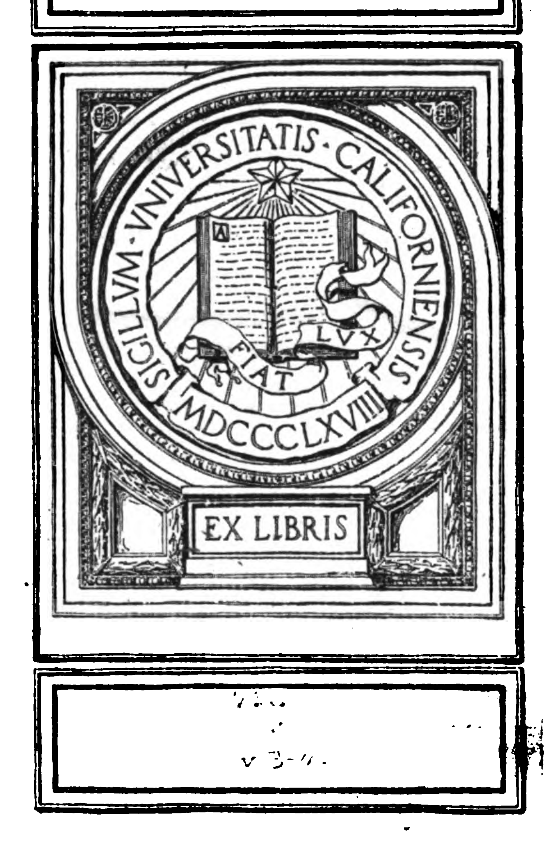
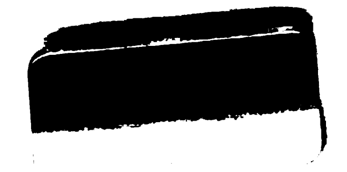


Recherches sur l'epuration biologique et chimique des ...

Albert Calmette, Caisse nationale de la recherche scientifique (France)


SIGILLVM · VNIVERSITATIS · CALIFORNIENSIS
FIAT LVX
MDCCCLXVIII
EX LIBRIS
v 3-4



RECHERCHES

SUR

L'ÉPURATION BIOLOGIQUE ET CHIMIQUE DES EAUX D'ÉGOUT

OUVRAGES DU MÊME AUTEUR

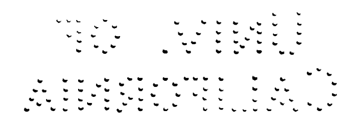
Recherches sur l'épuration biologique et chimique des Eaux d'égout, *effectuées à l'Institut Pasteur de Lille et à la Station expérimentale de la Madeleine* :

Tome Ier avec la collaboration de MM. E. Rolants, E. Boullanger, F. Constant, L. Massol et du Pr A. Buisine. 1 vol. grand in-8° de v-194 pages, avec 59 figures et tracés dans le texte, et 2 planches hors texte (*épuisé*).

Tome II avec la collaboration de MM. E. Rolants, E. Boullanger, F. Constant, L. Massol. 1 vol. grand in-8° de iv-314 pages, avec 45 figures et de nombreux graphiques dans le texte, et 6 planches hors texte. . . . . . 10 fr.

Les Venins. *Les animaux venimeux et la sérothérapie antivenimeuse*. 1 volume in-8° avec 125 figures, relié toile. . 12 fr.

L'Ankylostomiase, *maladie sociale* (*anémie des mineurs*), biologie, clinique, traitement, prophylaxie. En collaboration avec M. Breton, chef de clinique médicale à la Faculté de Médecine, assistant à l'Institut Pasteur de Lille; avec un appendice par E. Fuster, secrétaire général de l'Alliance d'hygiène sociale. 1 vol. in-8, avec figures dans le texte, cartonné toile. . . . . . 5 fr.



60816. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

MINISTÈRE DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE

CAISSE NATIONALE DES RECHERCHES SCIENTIFIQUES

RECHERCHES

SUR

L'ÉPURATION BIOLOGIQUE ET CHIMIQUE

DES EAUX D'ÉGOUT

EFFECTUÉES A L'INSTITUT PASTEUR DE LILLE

ET A LA STATION EXPÉRIMENTALE DE LA MADELEINE

PAR

LE Dr A. CALMETTE

Membre correspondant de l'Institut et de l'Académie de Médecine

AVEC LA COLLABORATION DE MM.

E. ROLANTS

Chef de laboratoire à l'Institut Pasteur de Lille

E. BOULLANGER

Chef de laboratoire à l'Institut Pasteur de Lille

F. CONSTANT

Préparateur à l'Institut Pasteur de Lille

L. MASSOL

Chef de laboratoire à l'Institut Pasteur de Lille

TROISIÈME VOLUME

PARIS

MASSON ET Cie, EDITEURS

120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN

1908

INTRODUCTION

« Les nombreuses expériences faites au cours de ces quatre dernières années dans le domaine de l'épuration des eaux d'égouts ont confirmé la résolution adoptée par le XIII[e] Congrès international d'hygiène et de démographie à Bruxelles, et ont montré, d'une part, qu'il n'existe pas de procédé qui puisse être indiqué d'une façon absolue comme le meilleur et le plus recommandable au point de vue économique, et, d'autre part, que l'on peut obtenir des résultats absolument satisfaisants *quand on choisit judicieusement le procédé qui peut s'adapter aux conditions locales et qu'on en surveille l'application d'une façon sérieuse et constante.* »

Tels sont les termes du vœu adopté en séance plénière de clôture, après avis favorable de la Commission permanente, par le XIV[e] Congrès international d'hygiène et de démographie réuni à Berlin du 23 au 29 septembre 1907.

Ce vœu exprime très exactement l'état actuel de la question de l'épuration des eaux d'égouts.

Nous exposons les mêmes idées dans ce troisième volume de nos Recherches et nous pensons que le lecteur qui voudra bien feuilleter ces pages reconnaîtra avec nous la nécessité de déterminer, par des études et des expériences rigoureusement conduites, pour chaque ville comme pour chaque espèce d'industrie, le mode d'épuration le plus convenable.

Il ne s'agit plus de discuter désormais la valeur respective

de l'épuration biologique ou de l'épandage agricole, ni d'établir un parallèle entre les effets des divers réactifs chimiques qu'on a prônés tour à tour.

Nous sommes suffisamment éclairés sur les avantages et sur les imperfections des divers systèmes. L'heure est venue d'attribuer à chacun d'eux la fonction qu'il peut utilement remplir.

Dans telles circonstances, — lorsqu'on disposera par exemple de vastes espaces de terrains perméables et homogènes, peu éloignés, peu coûteux, faciles à drainer et à cultiver, — l'épandage agricole s'imposera, et il fournira assurément les résultats d'épuration les plus parfaits. Mais ce sera évidemment l'exception.

Ailleurs, — beaucoup plus fréquemment sans doute, — les terres appropriées à l'épandage font défaut, ou bien elles sont trop éloignées ou trop coûteuses, ou bien encore elles risquent de laisser contaminer par des infiltrations profondes les nappes d'eaux souterraines qui alimentent les populations voisines : on recourra alors de préférence à l'un des divers procédés d'épuration biologique, en choisissant celui que les conditions locales imposent, dût-on se contenter de résultats moins parfaits, pourvu qu'ils sauvegardent la santé publique et qu'ils évitent la pollution des rivières!

Ailleurs enfin, l'existence de certaines industries, dont il faut développer la prospérité parce qu'elles enrichissent la région, rend indispensable l'emploi de certains réactifs, soit pour l'extraction de matières grasses, soit pour la neutralisation d'acides ou d'alcalis, soit pour la destruction de substances fermentescibles ou toxiques. On devra alors s'adresser au procédé chimique ou chimico-biologique le plus capable de réaliser économiquement la suppression aussi complète que possible des *nuisances*.

Il importe que, dans certains cas, les administrations sani-

taires sachent se contenter de résultats même imparfaits, et qu'elles réservent toutes les rigueurs de leurs règlements pour les circonstances où la pollution des nappes d'eau souterraines ou des rivières, entraîne des inconvénients ou des dangers qu'on doit éviter.

Les circulaires récentes émanant du Ministère de l'Agriculture et que nous reproduisons en annexes de ce volume, répondent à cet égard pleinement à ce qu'on peut désirer. Il faut souhaiter qu'elles soient appliquées sans faiblesse par les fonctionnaires chargés d'en poursuivre l'exécution. Les municipalités et les industriels ont maintenant à leur disposition tous les moyens d'y satisfaire : il serait donc inadmissible qu'on tolérât plus longtemps de leur part une indifférence coupable.

***

Après avoir exposé la suite de nos expériences à la station expérimentale de la Madeleine et à l'Institut Pasteur de Lille, nous avons résumé dans ce troisième volume tous les documents nouveaux relatifs aux études entreprises sur le même sujet en Angleterre, en Allemagne et aux États-Unis. Ces documents font suite à ceux que nous avons déjà publiés antérieurement.

Il nous a paru nécessaire, en outre, de préciser l'état actuel de nos connaissances sur la question si controversée des *fosses septiques*, surtout en ce qui concerne leur emploi pour l'assainissement des immeubles isolés ou faisant partie d'agglomérations urbaines où il existe un réseau d'égout.

Le public et même les municipalités de quelques villes importantes ont trop souvent commis l'erreur de croire, sur l'affirmation de certains constructeurs, que les fosses septiques représentent un moyen économique et efficace d'*épuration* pour les matières de vidange. Il était de notre devoir de

protester contre une pareille interprétation de leur rôle. Ces fosses, quel que puisse être leur mode de construction, n'*épurent* jamais : elles se bornent, quand elles fonctionnent bien, à *solubiliser* les matières en suspension dans les eaux-vannes. L'*épuration* de ces matières, c'est-à-dire leur transformation en ammoniaque et en nitrates, autrement dit leur *minéralisation*, ne peut s'accomplir qu'à la surface d'un sol perméable ou sur un *lit bactérien* à la faveur d'actions microbiennes *aérobies*.

Les liquides évacués par les fosses septiques sont toujours et rapidement *putrescibles*. On ne peut donc pas tolérer leur déversement direct dans les cours d'eau. On ne peut pas davantage tolérer leur rejet dans les égouts, parce qu'aussitôt dilués ils fermentent en dégageant des produits gazeux malsains ou gênants pour le voisinage (hydrogène sulfuré et hydrogène carboné).

Il faut donc, pour les raisons qui précèdent, proscrire l'usage des fosses septiques dans les villes. Il faut les proscrire aussi parce qu'elles présentent, au point de vue des risques de contamination du sous-sol, les mêmes dangers que les *fosses fixes*.

En revanche, elles peuvent être utilisées très avantageusement dans les campagnes, dans les villages et les petites agglomérations où le tout-à-l'égout n'est pas applicable, mais *à la condition qu'on épure aussitôt les liquides qui s'en échappent*, soit par *irrigation culturale* (*non potagère*), *soit par déversement intermittent sur un lit bactérien convenablement construit*.

Il appartient aux Conseils départementaux d'hygiène et aux Commissions sanitaires d'arrondissements de veiller à ce que l'effluent de ces fosses soit réellement *épuré* et ne présente, par suite, aucun danger pour la santé publique.

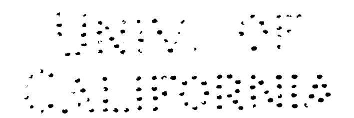
Nous voudrions que les lecteurs de ce volume restâssent bien pénétrés de l'importance de ces faits. Pour les en con-

vaincre, nous avons dû montrer les inconvénients des appareils préconisés par certains constructeurs. Nous prions ces derniers de ne voir dans nos critiques aucune autre intention que celle de leur fournir les éléments d'information scientifique qui leur manquaient et qui doivent leur permettre de perfectionner leurs systèmes.

Notre seul souci est de servir la vérité scientifique et de tâcher d'être utiles à tous ceux que préoccupent les questions d'assainissement.

D[r] A. CALMETTE.

Lille, le 29 décembre 1907.



RECHERCHES

SUR

L'ÉPURATION BIOLOGIQUE ET CHIMIQUE DES EAUX D'ÉGOUT

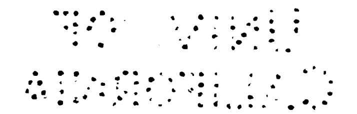
CHAPITRE PREMIER

LA STATION EXPÉRIMENTALE DE LA MADELEINE NOUVEAUX DISPOSITIFS DE DISTRIBUTION DES EAUX D'ÉGOUT SUR LITS BACTÉRIENS PERCOLATEURS

Après les expériences de 1905-1906 rapportées dans notre second volume, on devait considérer comme pleinement satisfaisants les résultats du dispositif de *percolation* que nous avons adopté pour l'épuration des eaux d'égout de notre station expérimentale de la Madeleine.

Aussi, tout en continuant l'étude du travail d'épuration dans les anciens lits de contact que nous avons conservés et dans nos nouveaux lits percolateurs, nous sommes-nous proposés cette année de rechercher les *modes de distribution* capables d'assurer *le mieux et le plus économiquement possible* la répartition de l'eau d'égout sur les matériaux des lits.

Nous n'avons rien changé à nos réservoirs, non plus qu'aux siphons de chasses automatiques et intermittentes. Les appareils de chasses, *type Geneste-Herscher-Doulton*, que M. *Degoix* nous avait fournis, et les appareils de M. *Parenty*, construits par la maison *Geneste et Herscher*, — les uns et les autres décrits pages 7, 14 et 275 du volume II — réalisent à merveille le but cherché, qui est de lancer périodiquement sur les lits, avec des intervalles d'au moins dix minutes, une lame d'eau à épurer capable d'être absorbée en 50 secondes par la masse des



scories, avec un débit journalier moyen d'un mètre cube d'eau par mètre carré de surface filtrante.

On se rappelle que, tout d'abord, le liquide évacué par ces chasses était simplement réparti par des rigoles peu profondes, creusées parallèlement les unes aux autres et espacées d'environ 0m,60 sur toute la longueur du lit bactérien, soit sur 14 mètres.

Nous n'avons pas tardé à nous convaincre que ce système de distribution était défectueux : l'intensité et la rapidité des chasses entraînaient trop souvent les matériaux les plus légers vers l'extrémité des rigoles, de sorte que celles-ci se déformaient et finissaient par se colmater. Pour obvier à cet inconvénient, nous avions été conduits à adopter des canaux *couverts*, formés de simples briques creuses, alignées bout à bout, sans rejointoiement, sur toute la longueur des rigoles.

Celles-ci fonctionnèrent très bien pendant six mois. Mais au moment des grands froids que nous eûmes à subir durant la saison d'hiver, la gelée les fit éclater; de sorte que la répartition devint inégale et il fallut songer à trouver un moyen de distribution plus pratique.

Nous décidâmes alors d'expérimenter, pour chacun de nos six siphons de chasses, un système différent.

Le *siphon n° 1* desservit un simple réseau de gouttières en bois goudronné, en forme de V, coupées d'un trait de scie dans l'angle, tous les 20 centimètres, et reposant directement sur les scories.

Au début, l'infiltration de l'eau se faisait très bien et très régulièrement par ces fentes. Mais au bout de quelques jours elles se bouchèrent fréquemment, soit par l'apport de poussières, soit par la formation de zooglées bactériennes. On était par suite obligé de les nettoyer trop souvent et nous dûmes les écarter.

Le *siphon n° 2* déversa son effluent dans un réseau parallèle de drains cylindriques en terre cuite, longs de 0m,30 et également placés bout à bout sur les scories, sans rejointoiement. Pour vérifier si la répartition de l'eau y était convenable, nous intercalâmes tous les deux mètres, entre les extrémités contiguës de deux drains, des tuiles formant regards. Le dernier drain de chaque rang était obstrué par du mortier : on

évitait ainsi que le flot puisse s'évacuer par l'extrémité du canal.

Ces drains nous donnèrent la plus complète satisfaction. Même par les grands froids (— 12°) que nous eûmes à subir en janvier et février 1907, ils sont restés intacts et ne se sont jamais obstrués. Leurs interstices se sont maintenus parfaitement perméables. Quelques-uns d'entre eux seulement ont fini par se colmater après six mois de fonctionnement continu. Pour les remettre en état, il suffisait de les retourner sur eux-mêmes sans les déplacer, de manière à mettre en dessus la partie qui se trouvait en dessous. Cette manœuvre est des plus simples ; nous n'avons eu à l'exécuter qu'une seule fois en dix mois et seulement pour les drains placés à l'extrémité des rigoles de déversement.

Le prix de ces drains étant minime (90 francs le mille) et leur durée paraissant devoir être illimitée, il nous paraît jusqu'ici qu'ils constituent le système de distribution le plus économique en même temps que le plus robuste.

Pour les *siphons n°* 3 et *n°* 4 nous avons conservé, d'abord à titre de comparaison, les briques creuses de l'année dernière, en nous bornant à remplacer celles que la gelée faisait éclater.

Les résultats obtenus, quoique bons, ont été inférieurs à ceux fournis par les drains ; et l'emploi de ces briques nécessite, en raison de leur gélivité et de leur trop facile colmatage, une main-d'œuvre trop onéreuse. Aussi n'avons-nous pas tardé à leur substituer les mêmes drains qu'au n° 2.

Pour le *siphon n°* 5, la répartition a été faite au moyen de larges tuiles à fond plat, à bords relevés à angle de 45° sur 0m,10 de hauteur et longues de 0m,25. Ces tuiles, que nous avons dû faire fabriquer tout exprès, étaient munies de couvercles mobiles. Placées bout à bout sur toute la longueur des rigoles avec une pente convenable d'environ 0m,02 par mètre, elles assuraient un écoulement facile au produit des chasses. Il était très aisé de les visiter et de les balayer de temps en temps en enlevant leurs couvercles. Malheureusement leur poids relativement considérable amena bientôt un tassement des scories sous-jacentes. Les interstices se bouchaient, ou bien, si on les écartait quelque peu, ils laissaient

échapper trop de liquide, de sorte que la répartition devenait inégale. En fin de compte nous y renonçâmes pour revenir aux drains.

Le *siphon n° 6* nous servit à expérimenter un système de canalisation métallique formé de tuyaux en fer, de 50 millimètres de diamètre intérieur, percés de chaque côté, tous les 25 centimètres, de trous circulaires en quinconces, larges de 6 millimètres. L'orifice de chacun de ces trous est dirigé de telle manière que l'eau est projetée latéralement à angle d'environ 45°. D'autres trous espacés d'un mètre les uns des autres sont placés sur le plancher même des tubes, de manière à assurer leur vidange complète après chaque chasse. L'extrémité est obturée par un bouchon.

Les tubes parallèles, au nombre de 6 sur 14 mètres de longueur et sur 4 mètres de largeur, sont tous reliés au canal de distribution du siphon de chasse par un large cylindre creux muni de bouches verticales d'aération. La pression intérieure s'équilibre ainsi parfaitement.

Placés directement sur les scories avec une légère pente de 2 centimètres par mètre, ils laissent très facilement écouler l'eau sous une pression qui varie suivant la hauteur de chute du réservoir de chasse et qui diminue au fur et à mesure que ce dernier se vide. Les jets, d'abord écartés, retombent à environ $0^{m},40$ de chaque côté, puis se rapprochent pour finir en minces ruisselets baveurs. La répartition de l'eau s'effectue ainsi d'une manière parfaite.

Les orifices des tuyaux ne s'obstruent que très rarement, à cause des variations brusques de pression qui se produisent à leur intérieur. Leur nettoyage est d'ailleurs aisé en raison de la facilité avec laquelle on peut démonter tout ou partie du système.

Un tel dispositif répond à merveille aux nécessités d'une distribution à la fois *régulière* et *intermittente*. Son seul inconvénient est de coûter notablement plus cher que les drains en terre cuite; mais nous n'hésitons pas à le recommander, de préférence à tous autres, pour les installations de faible importance et même pour les installations urbaines lorsqu'on n'est pas arrêté par la question d'économie.

Il présente la plupart des avantages des appareils anglais

connus sous le nom de *jets* ou *fixed sprinklers* (voir volume II, p. 93), avec cette différence que l'eau n'étant pas pulvérisée en l'air, les odeurs désagréables pour le voisinage sont évitées, et qu'il n'est plus indispensable de propulser, soit artificiellement, soit par une différence de niveau considérable, l'eau à répartir sur le lit bactérien.

***

En résumé, nos expériences montrent que les seuls systèmes pratiques de distribution auxquels il convienne de s'adresser sont les drains en terre cuite ou les tuyaux métalliques latéralement perforés en quinconces. Jusqu'à présent du moins, eux seuls nous ont donné de bons résultats avec le minimum de différence de niveau entre le point d'arrivée des eaux à épurer et la surface des lits bactériens.

Est-ce à dire que ces systèmes soient *meilleurs* que certains appareils mécaniques en usage en Angleterre et en Allemagne, tels que les *tourniquets hydrauliques* ou *sprinklers*, les *jets fixes pulvérisateurs*, les *distributeurs rotatifs* ou *rectangulaires* de *Fiddian*, de *Wilcox et Raikes*, etc.?... Nous n'avons aucunement la pensée d'émettre une telle affirmation.

Plusieurs de ces appareils mécaniques, particulièrement le *Fiddian*, ont été étudiés par nous et nous ont donné toute satisfaction. Mais ils coûtent cher, non seulement comme frais d'achat — car tous font l'objet de brevets — mais aussi comme frais d'entretien. Les uns sont actionnés par une force mécanique, — électricité ou vapeur — et ils élèvent par suite à un chiffre exagéré le prix de revient du mètre cube d'eau épurée. Les autres nécessitent un ou deux mètres de différence de niveau pour être mis en mouvement par la seule pression du liquide. Tous exigent une surveillance et des réparations incessantes.

Ce sont là, à notre avis, des raisons assez graves pour qu'on hésite à les adopter. C'est pourquoi nous avons cherché à nous en affranchir, estimant que les villes et même les industriels ne se décideront volontiers à épurer leurs eaux d'égout que lorsque cette épuration pourra être réalisée dans des conditions, sinon absolument *parfaites*, du moins *satisfaisantes, à très peu de frais.*

Nous ne méconnaissons pourtant pas que, dans quelques cas particuliers et exceptionnels, il soit indiqué d'adopter de préférence une distribution mécanique. Les circonstances locales dicteront alors le choix qu'il convient d'effectuer parmi les appareils qui ont fait leurs preuves. Nous avons déjà précédemment décrit la plupart d'entre eux. Nous ferons connaître, dans un chapitre ultérieur, ceux que nous n'avons pas encore eu l'occasion de mentionner.

Bornons-nous à rappeler ici que ceux-là seuls peuvent être adoptés, qui assurent, à la surface des lits bactériens, une *distribution régulière, intermittente, réglable à volonté*, et qui ne sont influencés dans leur fonctionnement ni par les *vents* ni *par la température, ni par les substances chimiques qui se trouvent en dissolution dans les eaux d'égout.*

CHAPITRE II

RÉSULTATS ANALYTIQUES DES EXPÉRIENCES DE LA MADELEINE

Eau d'égout brute: Effluent des fosses septiques; Effluents des lits bactériens de contact et des lits percolateurs.

Du 1er juillet 1906 au 30 juin 1907 nous avons continué à faire chaque jour des analyses sommaires portant sur :

a) *L'oxygène emprunté au permanganate en 4 heures;*

b) *L'oxygène emprunté au permanganate en 3 minutes, avant et après incubation à 30°* (pour les eaux épurées seulement; *indice de putrescibilité*);

c) *L'ammoniaque;*

d) *Les nitrates.*

En outre, en janvier, mars, mai et juin 1907, pendant une période de six jours pour chaque mois, nous avons procédé à des analyses plus complètes portant sur :

1° *Les matières organiques et minérales en suspension dans l'eau brute;*

2° *Les matières organiques en solution* (double dosage par le permanganate en solution acide et en solution alcaline);

3° *L'azote total;*

4° *L'ammoniaque libre ou saline;*

5° *L'azote organique, total et dissous;*

6° *Les nitrates;*

7° *Les nitrites;*

8° *Le carbone organique, total et dissous.*

***

Nous ne reviendrons point ici sur l'exposé des méthodes employées pour ces analyses. Le lecteur voudra bien se

reporter aux détails que nous avons fournis à ce sujet dans notre premier volume (Chap. V, pages 45 et suivantes).

Nous avons porté spécialement notre attention sur le travail des fosses septiques, qui est encore le moins bien connu. L'analyse de l'eau à l'entrée et à la sortie de ces fosses a été effectuée en prélevant, comme les années précédentes, des échantillons moyens dans les bassins d'échantillonnage (voir le *plan* de la station expérimentale de la Madeleine, volume II, *planche* I et *fig.* 2, page 4).

Les quantités d'eau traitées sur les lits bactériens ont été inférieures à celles de 1905-1906. Les lits de contact n'ont travaillé qu'une seule fois par 24 heures, à raison de 68 mètres cubes, les lits à percolation recevant en moyenne 200 mètres cubes d'eau d'égout par jour (maximum 371 m^3). Ces nombres résultent des indications fournies par les enregistreurs placés dans chacun de nos réservoirs de chasses.

L'analyse de l'effluent de chaque lit de contact était effectuée sur un échantillon moyen constitué par le mélange d'échantillons prélevés toutes les cinq minutes à partir de l'ouverture de la vanne d'évacuation.

Celle de l'effluent des lits percolateurs était faite sur un échantillon du bassin d'échantillonnage.

Les tableaux I et II indiquent les résultats fournis par les analyses complètes des quatre périodes de six jours chacune, indiquées ci-dessous.

Leur lecture montre que la *nitrification* a toujours été très active dans le lit percolateur et qu'elle a été fort peu influencée par la rigueur, pourtant exceptionnelle, de l'hiver. L'azote ammoniacal disparaît souvent en totalité Il en restait $0^{mgr},5$ par litre en *janvier* et en *juin*.

L'azote organique semble résister davantage, à certaines époques, à la minéralisation.

*
* *

Oxygène emprunté en 3 minutes au permanganate avant et après incubation à l'étuve à 30°. — La moyenne des résultats obtenus par cette détermination a été représentée par les tableaux III et IV, ainsi que par le graphique n° 1, indiquant les variations par semaine.

La moyenne annuelle montre immédiatement la façon dont se comportent les divers effluents à l'épreuve de l'incubation à 30°.

L'effluent du lit de 1er contact est nettement putrescible. Au contraire, pour les effluents du lit de 2e contact et pour ceux du lit à percolation, l'épuration se continue, et l'augmentation de la minéralisation se trouve indiquée par la diminution de la quantité de matières oxydables en 3 minutes par le permanganate, après incubation.

Pendant les 4 périodes d'analyses, nous avons effectué plusieurs déterminations sur les effluents après une incubation de 7 jours. Les résultats en sont réunis dans le tableau IV.

L'effluent du lit de 1er contact a une tendance à la putréfaction. L'oxygène absorbé en 3 minutes après incubation diminue peu ou augmente. Au contraire, après le 2e contact et pour le lit à percolation, malgré la présence des nitrites en quantité quelquefois importante, l'oxygène absorbé est moindre après incubation qu'avant, ou sensiblement égal.

L'ammoniaque est en augmentation sensible dans l'effluent de 1er contact; quelquefois en augmentation aussi pour le 2e contact, mais toujours en diminution pour l'effluent du lit à percolation.

Les nitrates diminuent toujours et quelquefois très fortement après incubation dans l'effluent du 1er contact; ils diminuent aussi sensiblement dans celui du 2e contact; ils diminuent peu et augmentent au contraire souvent dans l'effluent du lit à percolation.

Il se forme parfois de petites quantités de nitrites dans l'effluent du lit de 1er contact; il s'en forme davantage dans celui de 2e contact et dans celui du lit bactérien à percolation.

Nous avons trouvé encore cette année une confirmation des conclusions que nous donnions l'an dernier: dans un effluent à tendance putréfactive, après incubation, l'oxygène absorbé en 3 minutes et l'ammoniaque augmentent; les nitrates diminuent. Si l'effluent est nettement putrescible, les nitrates et les nitrites disparaissent.

Lorsqu'un effluent contient moins d'ammoniaque et absorbe moins d'oxygène en 3 minutes, même si la quantité de nitrates diminue, il n'y a à craindre aucune putréfaction. Nous pouvons

TABLEAU I. — **Résultats en**

DATES DES PÉRIODES D'ANALYSES	NATURE DE L'ÉCHANTILLON	VOLUME MOYEN EN MC PAR 24 HEURES	MATIÈRES EN SUSPENSION		OXYGÈNE ABSORBÉ		
			ORGANIQUES	MINÉRALES	EN 3 MINUTES	EN 3 MINUTES APRÈS INCUBATION	EN 4 HEURES
Du 13 au 19 janvier 1907	Eau brute	335,000	101,8	121,6	»	»	28,0
	Effluent des fosses septiques	335,000	traces	traces	»	»	24,2
	Effluent du lit bactérien :						
	— 1er contact	68,000	»	»	7,0	8,0	15,1
	— 2e contact	68,000	»	»	4,2	3,2	10,1
	Effluent du lit bactérien à siphons percolateurs	167,500	»	»	1,6	1,8	3,8
Du 17 au 23 mars	Eau brute	388,300	200,6	194,1	»	»	32,3
	Effluent des fosses septiques	388,300	»	»	»	»	28,3
	Effluent du lit bactérien :						
	— 1er contact	68,000	»	»	5,0	3,9	16,1
	— 2e contact	68,000	»	»	3,0	2,3	10,7
	Effluent du lit bactérien à siphons percolateurs	194,150	»	»	1,9	1,7	6,1
Du 5 au 11 mai 1907	Eau brute	284,600	75,6	80,0	»	»	27,7
	Effluent des fosses septiques	284,600	»	»	»	»	27,0
	Effluent du lit bactérien :						
	— 1er contact	68,000	»	»	7,6	7,2	16,6
	— 2e contact	68,000	»	»	4,7	2,9	11,8
	Effluent du lit bactérien à siphons percolateurs	142,300	»	»	1,8	1,5	4,5
Du 16 au 22 juin 1907	Eau brute	422,000	120,0	119,0	»	»	31,0
	Effluent des fosses septiques	422,000	»	»	»	»	29,1
	Effluent du lit bactérien :						
	— 1er contact	68,000	»	»	12,3	16,1	23,5
	— 2e contact	68,000	»	»	4,6	4,2	12,7
	Effluent du lit bactérien à siphons percolateurs	211,000	»	»	1,6	1,8	5,3

milligrammes par litre.

MATIÈRES ORGANIQUES Dosage au permanganate en oxygène.		CARBONE ORGANIQUE EN C			AMMONIAQUE EN AzH^3	AZOTE EN Az				NITRATES EN Az^2O^5	NITRITES EN Az^2O^3
						AMMONIACAL	ORGANIQUE				
EN SOLUTION ACIDE	EN SOLUTION ALCALINE	TOTAL	DISSOUS	EN SUSPENSION			TOTAL	DISSOUS	EN SUSPENSION		
86,0	65,5	121,6	59,3	62.3	14,1	11,6	15,1	8,0	7,1	»	»
74,8	50,8	»	55,7	»	13,3	10,9	»	9,8	»	»	»
44.5	31,6	»	41,5	»	8,6	7,0	»	6,9	»	3,1	0,0
25,5	20,9	»	24,3	»	4,9	4,0	»	4,9	»	10,0	0,0
10,4	7,8	»	9,8	»	0,4	0,5	»	2,7	»	55,5	0,0
108,1	83,3	212,0	91,2	120,8	16,1	13,2	19,1	10,7	8,4	»	»
91,7	70,8	»	66,9	»	17,5	14,1	»	10,7	»	»	»
39,1	28,7	»	44,9	»	6,9	5,6	»	7,6	»	12,0	0,0
25,0	20,7	»	28,3	»	3,9	3,2	»	6,0	»	21,6	0,3
14,1	12,2	»	12,2	»	1,7	1,3	»	2,2	»	36,5	1,5
66,2	57,5	89,2	52,7	36.5	11,3	9,3	8,5	6,5	2,0	»	»
60,0	47,1	»	45,8	»	12,2	10,0	»	13,0	»	»	»
41,5	28,3	»	37,2	»	6,9	5,6	»	7,8	»	4,9	0,4
29.8	20,1	»	26,7	»	4,4	3,6	»	6,5	»	23,7	1,9
9,9	8,7	»	16,3	»	0,7	0,5	»	1,8	»	48,8	0,9
102,3	78,3	104,2	77,2	27,0	15,7	12,9	11,8	7,5	4.3	»	»
80,6	58,6	»	53,7	»	15,0	12,3	»	9,6	»	»	»
52,5	38,8	»	41,4	»	9,2	7,5	»	8,9	»	2,0	0,2
30,1	22,0	»	28,9	»	4,8	3,9	»	7,9	»	12,0	0,8
10,7	9,5	»	13,3	»	0,4	0,3	»	3,9	»	55,8	0,4

TABLEAU II. — **Résultats comparés de l'épuration par le procédé de double contact et par la percolation.**

	PÉRIODES (milligrammes par litre).																MOYENNE			
	DU 13 AU 19 JANVIER				DU 17 AU 23 MARS				DU 5 AU 11 MAI				DU 16 AU 22 JUIN							
	Oxygène absorbé en 4 heures.	Azote ammoniacal.	Azote organique.	Nitrates.	Oxygène absorbé en 4 heures.	Azote ammoniacal.	Azote organique.	Nitrates.	Oxygène absorbé en 4 heures.	Azote ammoniacal.	Azote organique.	Nitrates.	Oxygène absorbé en 4 heures.	Azote ammoniacal.	Azote organique.	Nitrates.	Oxygène absorbé en 4 heures.	Azote ammoniacal.	Azote organique.	Nitrates.
Effluent des fosses septiques . .	24,2	10,9	9,8	0,0	28,5	14,1	10,7	0,0	27,0	9,2	13,0	0,0	29,1	10,9	9,6	0,0	27,2	11,3	10,8	0,0
Épuration après 2 contacts. .	10,1	4,0	4,9	10,0	10,7	3,2	6,0	21,6	11,8	3,6	6,5	23,7	12,7	3,9	7,9	12,0	11,3	3,6	6,3	16,8
Épuration après percolation. .	3,8	0,3	2,7	35,5	6,1	1,3	2,2	36,5	4,5	0,5	1,8	48,8	5,3	0,3	3,9	35,8	4,9	0,6	2,6	39,1

TABLEAU III. — **Oxygène absorbé en 3 minutes avant et après incubation à 30°.**

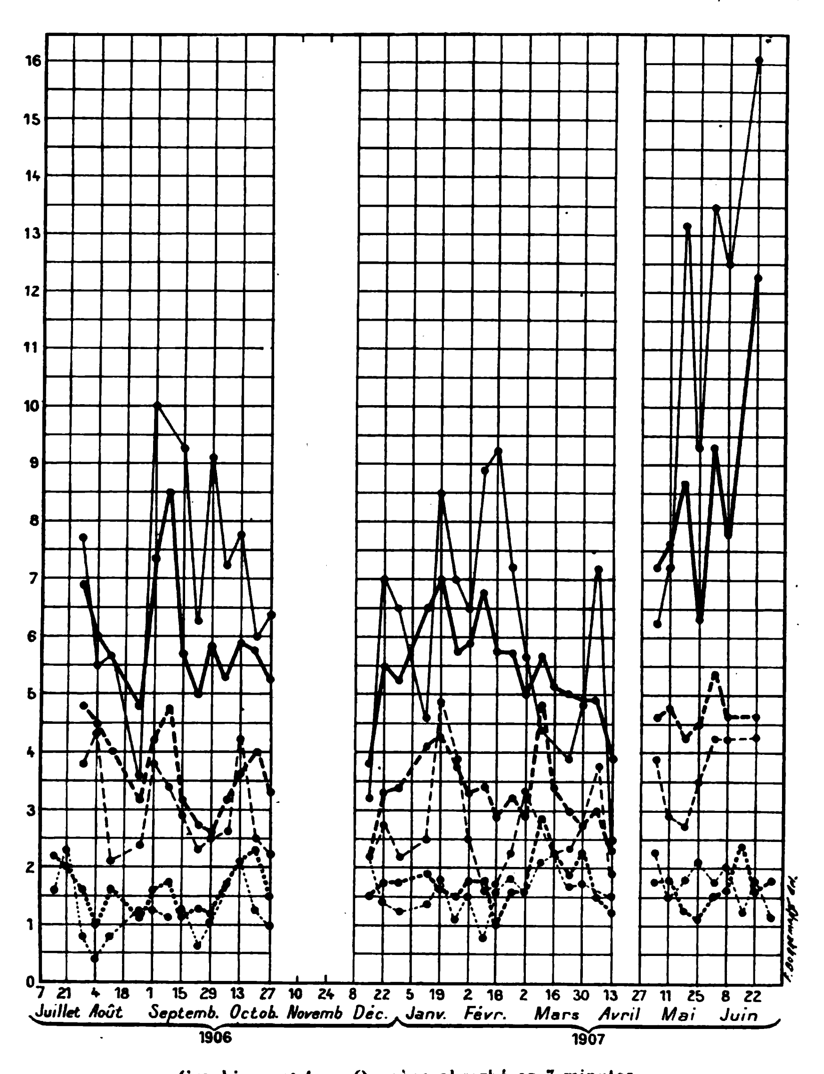
a) avant incubation. — *b*) après incubation.

DATES		LITS BACTÉRIENS B1 1er CONTACT		LITS BACTÉRIENS B2 2e CONTACT		LIT BACTÉRIEN A SIPHONS PERCOLATEURS	
		a	*b*	*a*	*b*	*a*	*b*
JUILLET 1906 .	Du 2 au 7.	»	»	»	»	»	»
	— 9 — 14.	»	»	»	»	2,2	1.6
	— 16 — 21.	»	»	»	»	2,0	2,3
	— 23 — 28.	6,9	7.7	4,8	3,8	1,6	0,8
	— 30 — 4.	6,0	5,5	4,5	4,4	1,0	0,4
AOUT	Du 6 au 11.	5,6	5,6	4,0	2,1	1,6	0.8
	— 13 — 18.	»	»	»	»	»	»
	— 20 — 25.	4,7	3,6	3,1	2,4	1,1	1.3
	— 27 — 1.	7,4	10,0	4,2	3,8	1,6	1,3
SEPTEMBRE . .	Du 3 au 8.	8,5	9,6	4,7	3.4	1,7	1,1
	— 10 — 15.	5,7	9,3	3,1	2,9	1,2	1,3
	— 17 — 22.	5,0	6,2	2,7	2,3	1,3	0,6
	— 24 — 29.	5,8	9,1	2,6	2,5	1,2	1,1
OCTOBRE . . .	Du 1er au 6.	5,3	7,2	3,1	2.6	1,8	1,8
	— 8 — 13.	5,9	7,8	3,6	4,2	2,1	2,1
	— 15 — 20.	5.8	6,0	4.0	2,5	2,3	1,3
	— 22 — 27.	5,3	6,4	3 3	2,2	1,5	1,0
	— 29 — 9.	»	»	»	»	»	»
DÉCEMBRE. . .	Du 11 au 15.	3,8	3.2	2.1	2,2	1,5	2,5
	— 17 — 22.	5,5	7,0	3,3	2,8	1,7	1,4
	— 24 — 29.	5,2	6,5	3,4	2,1	1,7	1.3
	— 31 — 5.	»	»	»	»	»	»
JANVIER 1907 .	Du 7 au 12.	6,5	4,6	4,1	2,5	1,9	1,4
	— 14 — 19.	7,0	8,6	4.2	4,9	1,6	1,8
	— 21 — 26.	5,8	7,0	3.7	3,8	1,5	1,1
	— 28 — 2.	5,9	6,5	3,3	2,5	1,8	1,5
FÉVRIER. . . .	Du 4 au 9.	6,8	8,9	3,4	1,6	1,8	0,8
	— 11 — 16.	5,7	9,2	2,9	1,7	1,0	1,6
	— 18 — 23.	5,7	7,2	3,2	2,3	1,6	1,7
	— 25 — 2.	5,0	5.6	2,9	3,4	1,6	1,6
MARS.	Du 4 au 9.	5,6	4,4	4,8	2,7	2,9	2,1
	— 11 — 16.	5,1	4,1	5,4	2,2	2,2	2,2
	— 18 — 23.	5,0	3,9	3,0	2,3	1,9	1,7
	— 25 — 30.	4,9	4,8	2,7	2,7	2,2	1,7
AVRIL.	Du 2 au 6.	4,9	7.1	3,0	3,8	1,5	1,6
	— 8 — 11.	3,9	2,5	2,4	1.9	1,2	1,5
	— 13 — 30.	»	»	»	»	»	»
MAI.	Du 1er au 4.	7,2	6,2	4.6	3,9	1,8	2,3
	— 5 — 11.	7,6	7,2	4,7	2,9	1,8	1,5
	— 13 — 18.	8,6	13.1	4,2	2.8	1,3	1,9
	— 20 — 25.	6,3	9,4	4,5	3,5	1,1	2,1
	— 27 — 1er.	9,4	13,5	5,4	4,2	1,5	1.8
JUIN.	Du 3 au 8.	7,8	12,5	4,6	4,2	1,6	2,0
	— 10 — 15.	»	»	»	»	2,4	1,2
	— 17 — 22.	12,3	16,1	4,6	4,2	1,6	1.8
	— 24 — 29.	»	»	»	»	1,8	1,1
Moyenne de juillet 1906 à juin 1907.		5,6	7,4	3,6	2,9	1 67	1,58

TABLEAU IV. — **Analyse des effluents des lits bactériens après 7 jours d'incubation à 30°.**

ÉCHANTILLONS.		PÉRIODES: DU 13 AU 19 JANVIER 1907				DU 17 AU 23 MARS 1907				DU 5 AU 11 MAI 1907				DU 16 AU 22 JUIN 1907			
		Oxygène absorbé en 3 minutes.	Ammoniaque AzH^3	Nitrates Az^2O^5	Nitrites Az^2O^3	Oxygène absorbé en 3 minutes.	Ammoniaque AzH^3	Nitrates Az^2O^5	Nitrites Az^2O^3	Oxygène absorbé en 3 minutes.	Ammoniaque AzH^3	Nitrates Az^2O^5	Nitrites Az^2O^3	Oxygène absorbé en 3 minutes.	Ammoniaque AzH^3	Nitrates Az^2O^5	Nitrites Az^2O^3
Lit bactérien 1er contact	Avant incubation.	7,0	8,6	3,1	0,0	5,0	6,9	12,0	0,0	7,6	6,9	4,9	0,4	12,3	9,2	2,0	0,2
	Après incubation.	8,0	8.2	0,0	0,0	3,9	8,9	0.5	1,0	7,2	8,0	1,6	0,5	16,1	12,5	0,2	0,4
Lit bactérien 2e contact	Avant incubation.	4,2	4,9	10,0	0,0	3,0	3,9	21,6	0,3	4,7	4,4	23,7	1,9	4,6	4,8	12,0	0,8
	Après incubation.	3,2	4,9	2,5	1,5	2,3	3,3	8,1	4,9	2,9	4,6	14,0	2,6	4,2	6,2	8,1	1,2
Lit bactérien à percolation.	Avant incubation.	1.6	0,4	35,5	0,0	1,9	1,7	36,5	1,5	1,8	0,7	48,8	0,9	1,6	0,4	35,8	0,4
	Après incubation.	1,8	0,1	39,3	0,5	1,7	0,2	24,0	2,4	1,5	0,3	46,8	2,8	1,8	0,2	40,3	0,7

ajouter que l'ammoniaque peut même augmenter en faible proportion, produite aux dépens des matières organiques



Graphique n° 1. — Oxygène absorbé en 3 minutes.

Effluent du lit de 1er contact ——— avant incubation ——— après incubation.
— — 2e — - - - - - — - - - - —
— du lit à percolation ······· — ········ —

azotées encore présentes dans l'effluent, sans qu'il y ait tendance à la putréfaction, *pourvu qu'il puisse persister une cer-*

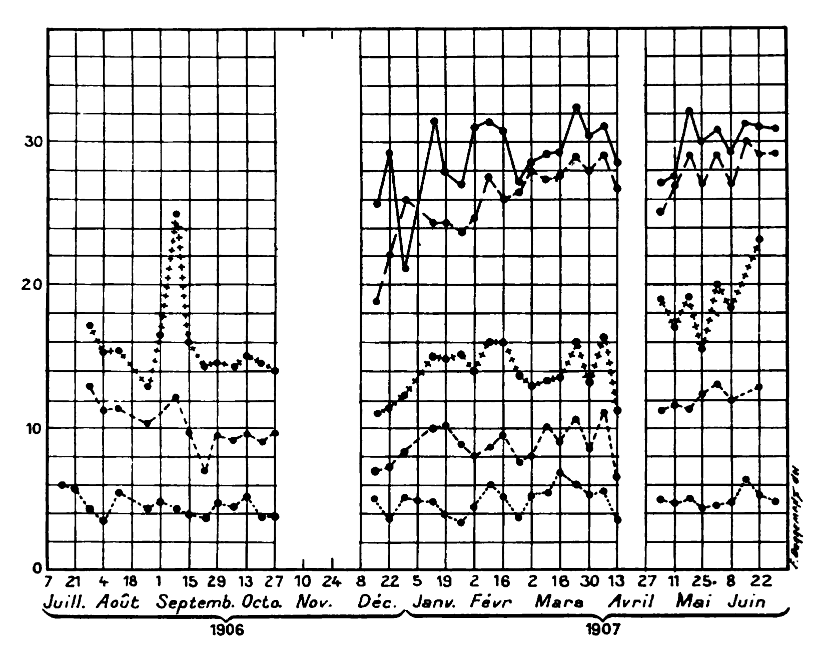
taine quantité de nitrates, comme le montre l'exemple de l'effluent du lit de 2e contact pour la période de juin.

Enfin, lorsque la quantité d'ammoniaque diminue et que les nitrates et nitrites augmentent, l'effluent peut être rejeté sans inconvénients dans les cours d'eau, car non seulement il terminera seul sa purification, mais il pourra aider à la minéralisation des matières organiques que contiendraient les eaux dans lesquelles il est déversé.

(*Tableaux* III et IV. — *Graphique* n° 1.)

*
* *

Oxygène absorbé en 4 heures. — Cette détermination, moins longue et moins délicate que l'oxydabilité à chaud (matières



Graphique n° 2. — Oxygène absorbé en 4 heures.

——— Eau brute.
— — — - Effluent des fosses septiques.
++++++ — du lit de 1er contact.
-------- — — 2e —
.... — — à percolation.

organiques, dosage au permanganate), est utile pour se rendre compte du degré d'épuration totale.

TABLEAU V.

Oxygène absorbé en 4 heures (*milligr. par litre*).

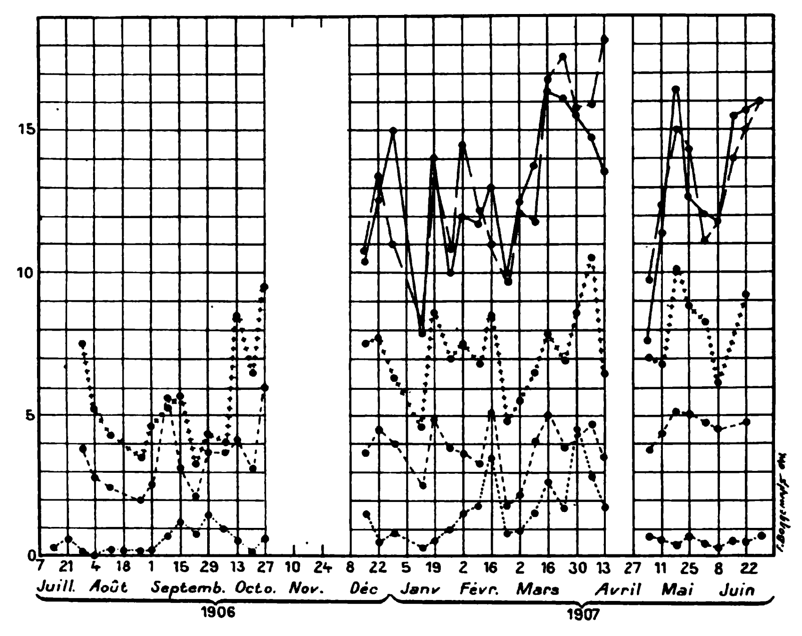
DATES		EAU BRUTE	FOSSES SEPTIQUES	LITS BACTÉRIENS 1er CONTACT	LITS BACTÉRIENS 2e CONTACT	LITS BACTÉRIENS A SIPHONS PER-COLATEURS
JUILLET 1906. .	Du 9 au 14.	»	»	»	»	6,1
	— 16 — 21.	»	»	»	»	5,8
	— 23 — 28.	»	»	17,2	12,9	4,1
	— 30 — 4.	»	»	15,3	11,4	3,4
AOUT	Du 6 au 11.		»	15,5	11,5	5,7
	— 13 — 18.	»	»	»	»	»
	— 20 — 25.	»	»	13,2	10,3	4,3
	— 27 — 1.	»	»	16,6	10,8	4,7
SEPTEMBRE . .	Du 3 au 8.	»	»	25,1	12,1	4,2
	— 10 — 15.	»	»	16,2	9,7	4,1
	— 17 — 22.	»	»	14,2	7,4	3,7
	— 24 — 29.	»	»	14,4	9,6	4,6
OCTOBRE . . .	Du 1er au 6.	»	»	14,2	9,2	4,5
	— 8 — 13.	»	»	15,1	9,6	5,2
	— 15 — 20.	»	»	14,3	9,0	3,9
	— 22 — 27.	»	»	14,0	9,7	3,8
NOVEMBRE		»	»	»	»	»
DÉCEMBRE. . .	Du 11 au 15.	25,7	18,7	10,6	7,0	5,2
	— 17 — 22.	29,3	22,1	11,6	7,1	3,6
	— 24 — 29.	21,2	26,0	12,4	8,3	5,3
	— 31 — 5.	»	»	»	»	»
JANVIER 1907 .	Du 7 au 12	31,7	24,1	15,4	10	4,9
	— 14 — 19.	28	24,2	15,1	10,1	3,8
	— 21 — 26.	27,2	23,8	15.4	8,8	3,4
	— 28 — 2.	31	24,7	13,8	8,0	4,5
FÉVRIER. . . .	Du 4 au 9.	31,5	27,6	16	8,6	5,9
	— 11 — 16.	30,7	26,1	15,8	9,6	4,8
	— 18 — 23.	27,2	26,5	13,6	7,5	3,7
	— 25 — 2.	28,5	28	12,8	8,1	5,4
MARS	Du 4 au 9.	29,1	27,5	13,3	10,2	5,6
	— 11 — 16.	29,2	27,8	13,6	9,0	6,7
	— 18 — 23.	32,3	28,5	16,1	10,7	6,1
	— 25 — 30.	30,4	27,9	13,3	8,3	5,6
AVRIL.	Du 2 au 6.	31,2	28,9	16,5	11,1	5,8
	— 8 — 13.	28,2	26,6	11,3	6,3	3,7
	— 15 — 30.	»	»	»	»	»
MAI.	Du 1er au 4.	26,7	24,9	18,8	11,5	4,7
	— 6 — 11.	27,7	27	16,6	11,8	4,5
	— 13 — 18.	32,2	29	19	11,5	4,6
	— 20 — 25.	30	27	15,7	12,4	4,1
	— 27 — 1.	30,5	29,1	20	13	4,4
JUIN.	Du 3 au 8.	29,2	27,1	18,3	11,9	4,6
	— 10 — 15.	31,2	30,1	»	»	6,3
	— 17 — 22.	31,0	29,1	23,5	12,7	5,3
	— 24 — 29.	30,9	29,1	»	»	4,8
Moyenne de décembre 1906 à juin 1907.		29,3	26,5	15,2	9,7	5,0

Pour les lits de contact, et bien qu'il n'y eût eu qu'un seul contact par jour, les résultats généraux sont sensiblement les mêmes que ceux des années précédentes.

Pour le lit à percolation, les résultats généraux, comme ceux de chaque période d'analyse, sont supérieurs à ceux des lits de 2ᵉ contact. Il y a lieu de remarquer que la pollution de l'eau brute est plus grande à cet égard cette année qu'en 1905-1906. Le coefficient d'épuration obtenu a été de 83 pour 100. (Voir *tableau* V et *graphique* n° 2.)

*
* *

Ammoniaque libre ou saline. — Dans l'effluent des lits de contact il reste sensiblement autant d'ammoniaque que l'an



Graphique n° 3. — Ammoniaque libre et saline.

———	Eau brute.
— — —	Effluent des fosses septiques.
+ + + + +	— du lit de 1ᵉʳ contact.
- - - - - -	— — 2ᵉ —
·········	— — à percolation.

dernier. On peut cependant dire que l'épuration est un peu meilleure, car la quantité d'ammoniaque dans l'effluent des fosses septiques était plus grande qu'en 1905-1906.

Tableau VI.

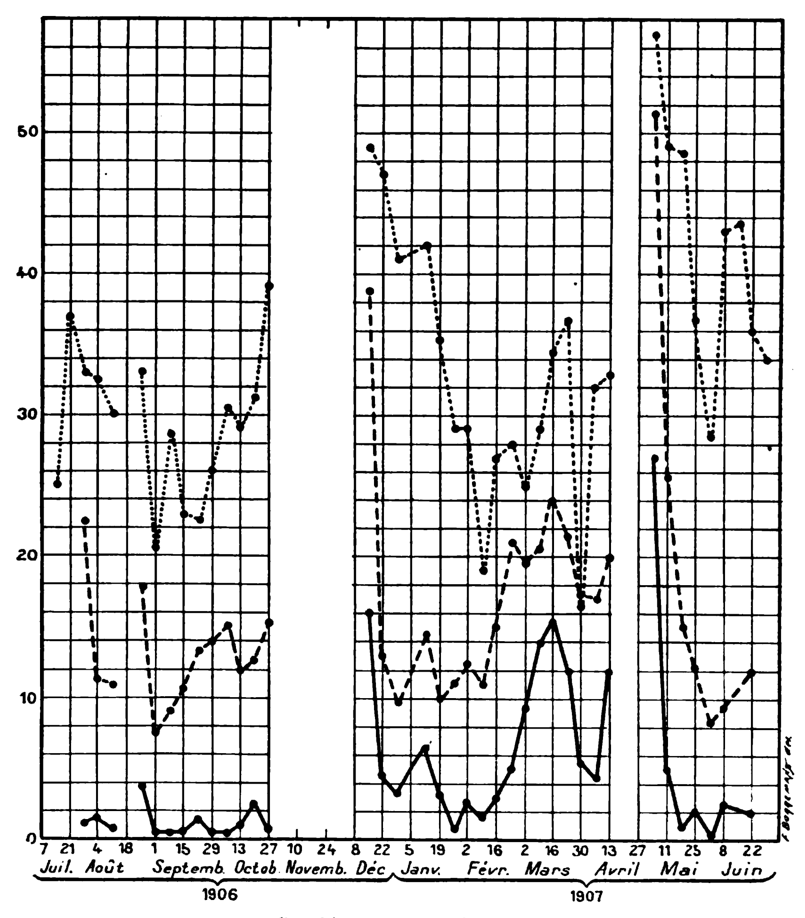
Ammoniaque libre ou saline (*milligr. par litre*).

Dates		Eau brute	Fosses septiques	Lits bactériens 1er contact	Lits bactériens 2e contact	Lits bactériens à percolation
Juillet 1906. .	Du 9 au 14.	»	»	»	»	0,3
	— 16 — 21.	»	»	»	»	0,5
	— 23 — 28.	»	»	7,5	3,9	0,1
	— 30 — 4.	»	»	5,2	2,8	0
Aout	Du 6 au 11.	»	»	4,2	2,3	0,1
	— 13 — 18.	»	»	»	»	»
	— 20 — 25.	»	»	3,5	2,0	0,1
	— 27 — 1.	»	»	4,6	2,6	0,1
Septembre . .	Du 3 au 8.	»	»	5,2	5,5	0,8
	— 10 — 15.	»	»	5,8	3,1	1,1
	— 17 — 22.	»	»	3,3	2,3	0,9
	— 24 — 29.	»	»	4,2	3,8	1,4
Octobre. . . .	Du 1 au 6.	»	»	4,0	3,8	1.1
	— 8 — 13.	»	»	8,3	4,1	0,6
	— 25 — 20.	»	»	6,4	3,1	0,1
	— 22 — 27.	»	»	9,5	6,0	0,6
Novembre		»	»	»	»	»
Décembre. . .	Du 11 au 15.	10,4	10,5	7,3	3,8	1,6
	— 17 — 22.	12,6	13,3	7,5	4,4	0,4
	— 24 — 29.	15	11	6,2	4.0	0,9
	— 31 — 5.	»	»	»	»	»
Janvier 1907 .	Du 7 au 12.	7,8	8	4,6	2,5	0,2
	— 14 — 19.	14,1	13,3	8,6	4.9	0,4
	— 21 — 26.	9,9	10,8	7	3,8	0,9
	— 28 — 2.	12,1	14,4	7,5	3,7	1,4
Février. . . .	Du 4 au 9.	11,9	12,2	6,9	3,3	1,8
	— 11 — 16.	13	11	8,5	5,1	3,6
	— 18 — 23.	9,9	9,7	4,8	1,9	0,8
	— 25 — 2.	12,5	12,2	5,6	2,2	0,9
Mars	Du 4 au 9.	13.9	11,8	6,5	4,1	1,6
	— 11 — 16.	16,3	16,7	7,9	5,0	2,8
	— 18 — 23.	16,1	17,5	6,9	3,9	1,7
	— 25 — 30.	15,4	15,6	8,8	4,3	4,4
Avril	Du 2 au 6.	14,7	15,9	10,6	4,7	2,8
	— 8 — 13.	13,6	18,2	6,6	3,5	1,8
	— 15 — 30.	»	»	»	»	»
Mai.	Du 1er au 4.	7,7	9,6	7,1	3,8	0,8
	— 6 — 11.	11,3	12,2	6,9	4,4	0,7
	— 13 — 18.	16.3	15,1	10,2	5,1	0,4
	— 20 — 25.	12,7	13,3	8,8	5,0	0,7
	— 27 — 1.	11,9	11,1	8,2	4.8	0,3
Juin.	Du 3 au 8.	11,8	11,7	6,1	4,5	0,2
	— 10 — 15.	15,6	14	»	»	0,4
	— 17 — 22.	15,7	15,0	9.2	4,8	0.4
	— 24 — 29.	16	16	»	»	0,7
Moyenne de décembre 1906 à juin 1907.		12,6	13,1	7,4	4,1	1,2

Nous avions fait remarquer l'an dernier que les résultats obtenus pour les lits à percolation s'amélioraient avec le temps. Cette amélioration est encore plus sensible cette année, et l'azote ammoniacal est réduit de 90 à 91 pour 100. (Voir *tableau* VI et *graphique* n° 3.)

*
* *

Nitrates. — Comme on le voit dans le graphique n° 4, la



Graphique n° 4. — Nitrates.

——— Effluent du lit de 1er contact.
------- — — de 2e —
·········· — — à percolation.

moyenne des résultats de l'année montre que la quantité de

nitrates formés dans le lit à percolation a été sensiblement double de celle qui est élaborée dans le lit bactérien de 2ᵉ contact. On peut aussi remarquer que, après les périodes pendant lesquelles les lits de contact n'ont pas fonctionné ou ont fonctionné irrégulièrement (ce qui est indiqué par l'absence de nombres portés à la courbe), la quantité de nitrates formés s'accroît considérablement. A ce moment la nitrification est plus active et les nitrates formés pendant ces repos sont entraînés par les premières immersions. (Voir *tableau* VII et *graphique* n° 4.)

*
* *

Nitrites. — Nous avons les mêmes constatations à faire que l'an dernier. Les nitrites se trouvent à l'état de traces le plus souvent dans l'effluent du lit de 1ᵉʳ contact. Dans celui du 2ᵉ contact la quantité en est dosable, mais moins forte que dans le lit à percolation.

La moyenne annuelle nous donne les chiffres suivants:

Effluent du lit de 1ᵉʳ contact, $0^{mgr},32$ par litre.
— 2ᵉ — $0^{mgr},47$ par litre.
— à percolation $0^{mgr},84$ par litre.

*
* *

Oxygène dissous. — Nous avons contrôlé les résultats obtenus l'an dernier. Nos analyses nous permettent de les confirmer : l'effluent du lit à percolation contient toujours plus d'oxygène dissous que celui du lit de 2ᵉ contact.

*
* *

Carbone organique. — Nous avons dosé par la méthode *Desgrez* modifiée le carbone total et le carbone dissous : la différence nous donnait le carbone des matières en suspension.

Pour toutes les périodes, le carbone dissous diminue après le passage dans les fosses septiques, assez légèrement en *janvier* et *mai*, plus fortement en *mars* et *juin*. Il y a lieu de faire remarquer que nos dosages ont été effectués sur l'eau décantée et non filtrée et qu'il existe toujours dans les eaux brutes

Tableau VII.

Nitrates en Az^2O^5 (*milligr. par litre*).

Dates		Lits bactériens — 1er contact	Lits bactériens — 2e contact	Lit bactérien à siphons percolateurs
Juillet 1906	Du 2 au 7.	»	»	»
	— 9 — 14.	»	»	25,2
	— 16 — 21.	»	»	37,0
	— 23 — 28.	1,3	22,3	33,2
	— 30 — 4.	1,4	11,5	32,5
Aout	Du 6 au 11.	0,9	11,2	30,0
	— 13 — 18.	»	»	»
	— 20 — 25.	5,8	17,8	33,0
	— 27 — 1er.	0,5	7,7	20,5
Septembre	Du 3 au 8.	0,5	8,8	28,6
	— 10 — 15.	0,5	10,6	22,8
	— 17 — 22.	1,4	13,5	22,5
	— 24 — 29.	0,5	13,8	26,1
Octobre	Du 1er au 6.	0,5	15,1	30,5
	— 8 — 13.	1,0	12,0	29,0
	— 15 — 20.	2,3	12,6	31,3
	— 22 — 27.	0,6	15,2	39,0
	— 29 — 9.	»	»	»
Décembre	Du 11 au 15.	16,0	38,4	49,2
	— 17 — 22.	4,4	13,1	47,1
	— 24 — 29.	3,7	9,7	41,2
	— 31 — 5.	»	»	»
Janvier 1907	Du 7 au 12.	6,5	14,6	41,8
	— 14 — 19.	3,1	10,0	35,5
	— 21 — 26.	0,7	11,2	29,0
	— 28 — 2.	2,7	12,3	29,0
Février	Du 4 au 9.	1,7	11,0	19,0
	— 11 — 16.	2,8	14,8	27,1
	— 18 — 23.	5,0	21,0	28,0
	— 25 — 2.	9,6	19,5	25,0
Mars	Du 4 au 9.	13,9	20,3	29,1
	— 11 — 16.	15,4	24,0	34,3
	— 18 — 23.	12,0	21,6	36,5
	— 25 — 30.	5,6	17,1	16,4
Avril	Du 2 au 6.	4,2	16,8	31,8
	— 8 — 11.	11,8	19,8	32,6
	— 13 — 30.	»	»	»
Mai	Du 1er au 4.	27,1	51,5	57,2
	— 5 — 11.	4,9	23,7	48,8
	— 13 — 18.	0,8	15,3	48,5
	— 20 — 25.	2,1	12,2	36,5
	— 27 — 1er.	0,5	8,4	28,4
Juin	Du 3 au 8.	2,5	9,4	43,0
	— 10 — 15.	»	»	43,5
	— 17 — 22.	2,0	12,0	35,8
	— 24 — 29.	»	»	34,0
Moyenne de juillet 1906 à juin 1907.		4,2	16,4	33,8

des matières colloïdales qui fermentent ou se déposent pendant le séjour en fosse septique, ce qui abaisse d'une façon sensible le taux de carbone organique dans l'effluent de ces fosses.

En prenant la moyenne des résultats obtenus pendant les 4 périodes, la proportion de carbone brûlé dans les lits est par rapport aux divers effluents :

Carbone.	Total.	Dissous.
Effluent du lit de 1er contact . . .	69 %	42 %
— — 2e — . . .	80 %	62 %
— — à percolation . .	90 %	82 %

*
* *

Azôte organique. — L'enrichissement du liquide en azote organique comme en azote ammoniacal, que nous avons constaté l'an dernier, est plus manifeste cette année et montre d'une façon nette la dissolution des composés organiques azotés en suspension.

Ainsi, pour les 4 périodes d'analyses, on voit que, pour 100 parties d'azote organique total que l'eau brute contient, 59 parties se trouvent en dissolution tandis que, comparativement, l'effluent des fosses septiques en renferme, seulement à l'état dissous, 79 parties, d'où un gain de 20 parties, ce qui indique que 48,7 pour 100 des matières organiques azotées en suspension se dissolvent. Bien que nous n'attachions pas une plus grande importance qu'il ne convient à la valeur absolue de ces nombres, ils montrent cependant que la dissolution et la décomposition des matières organiques est très appréciable : c'est ce qui explique le peu de putrescibilité des boues extraites des fosses septiques. Ces boues, mises à égoutter dans un bassin, laissent d'abord dégager les odeurs sulfureuses qui les imprègnent, puis deviennent à peu près inodores. Il faut ajouter que, par suite, la valeur comme engrais de ces boues est très faible : elles ne peuvent être employées utilement que comme amendements.

Nous avons calculé pour la moyenne des 4 périodes d'analyses le pourcentage de disparition de l'azote organique par rapport à l'eau brute et à l'effluent des fosses septiques (pour

l'azote total comme pour l'azote dissous). La proportion est de :

	EAU BRUTE		EFFLUENT DES FOSSES SEPTIQUES
	Azote total.	Azote dissous.	Azote dissous.
Effluent du lit de 1er contact .	43 %	5 %	28 %
— — 2e — .	54 %	23 %	42 %
— — à percolation.	81 %	68 %	76 %

Les résultats sont analogues à ceux obtenus l'an dernier, sauf pour ceux comparés à l'effluent de la fosse septique par suite de l'enrichissement important de l'eau pendant son séjour dans les fosses.

*
* *

Matières organiques en solution. — Oxydabilité au permanganate. — Avec toutes les réserves que nous avons formulées l'an dernier, nous avons employé cette méthode d'évaluation des matières organiques parce que c'est la seule à laquelle nous puissions nous adresser pratiquement. Pendant les 4 périodes d'analyse, l'oxydabilité obtenue en solution alcaline a toujours été inférieure, quelquefois d'une façon notable, à la même détermination en solution acide. Comme pour toutes les autres analyses, l'effluent du lit à percolation se montre le mieux débarrassé des matières organiques.

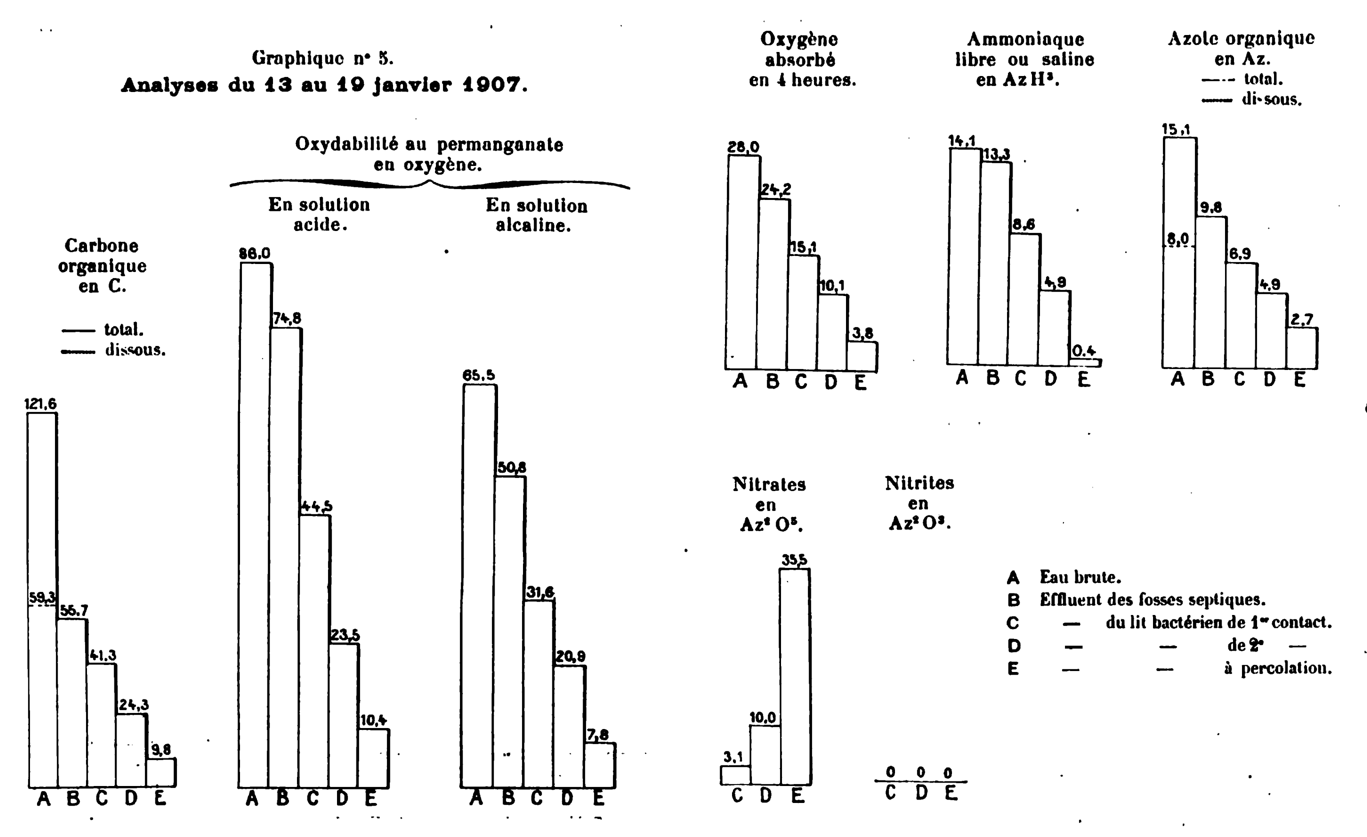
Pour la moyenne des 4 périodes, la diminution de l'oxydabilité a été par rapport à :

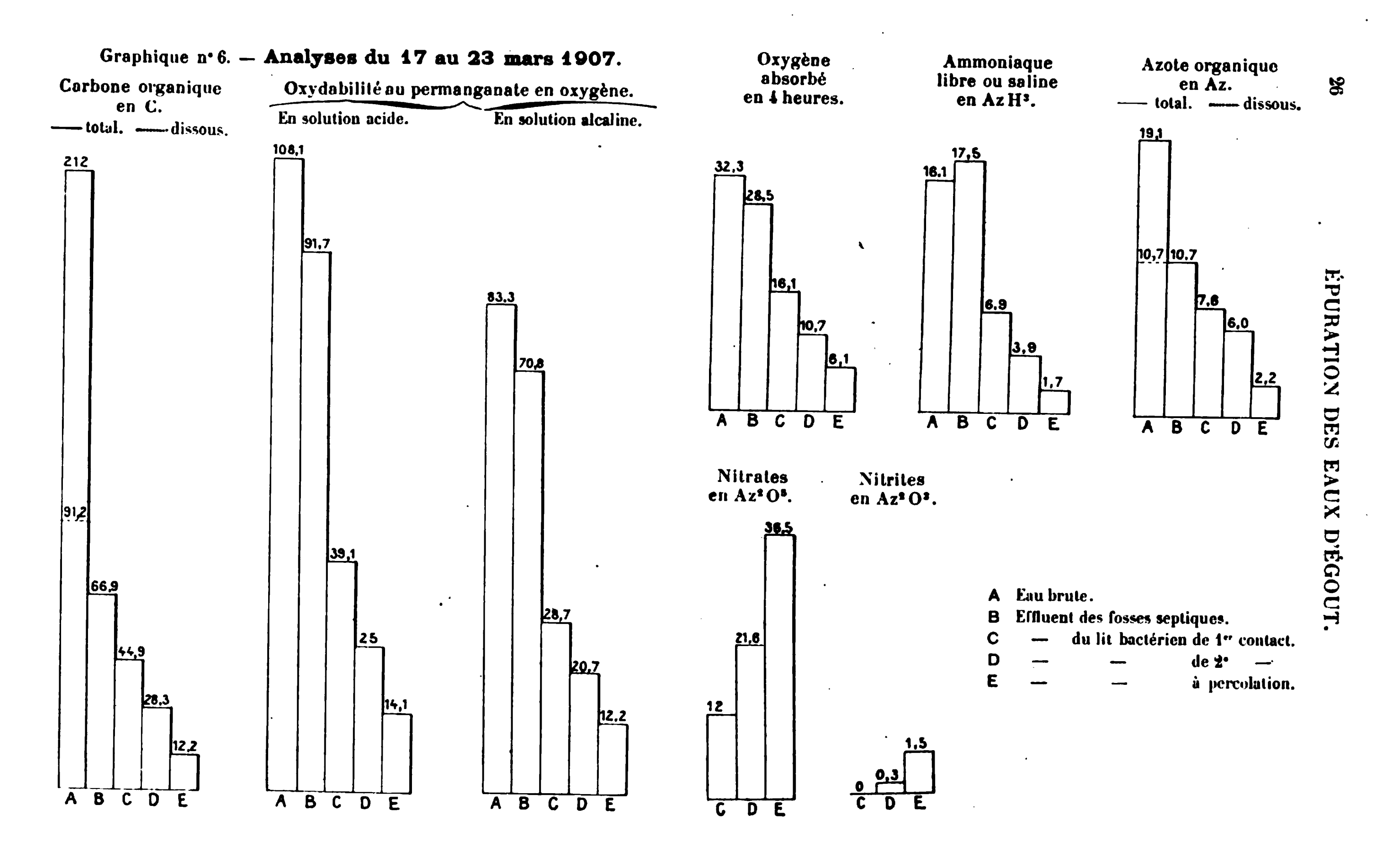
	EAU BRUTE		EFFLUENT DES FOSSES SEPTIQUES	
	Solution acide.	Solution alcaline.	Solution acide.	Solution alcaline.
Effluent du lit de 1er contact . .	52 %	58	43	44
— — 2e — . .	71 %	73	65	64
— — à percolation. .	88 %	88	86	84

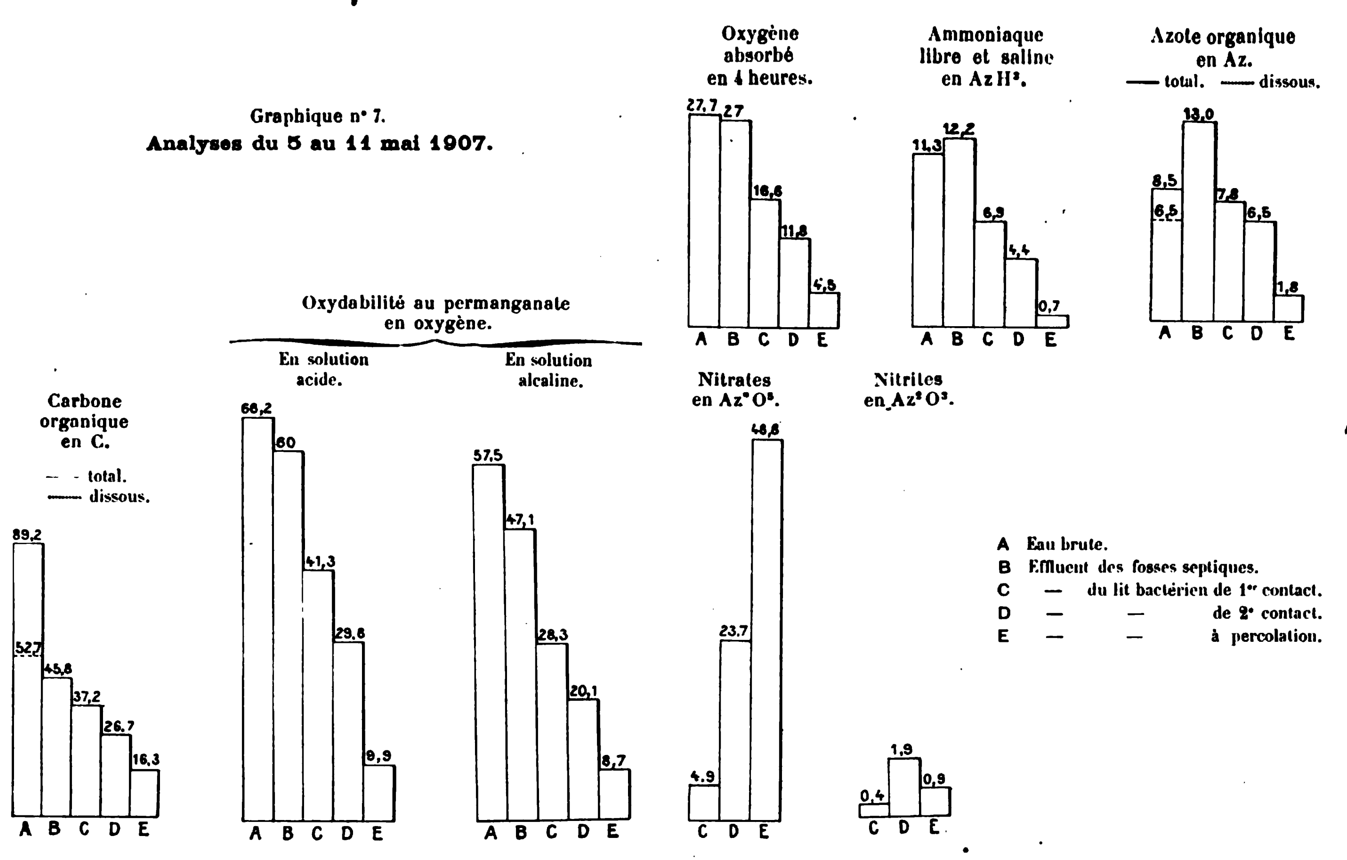
Comparativement à l'an dernier, les résultats ont donc été meilleurs pour l'effluent du lit à percolation.

*
* *

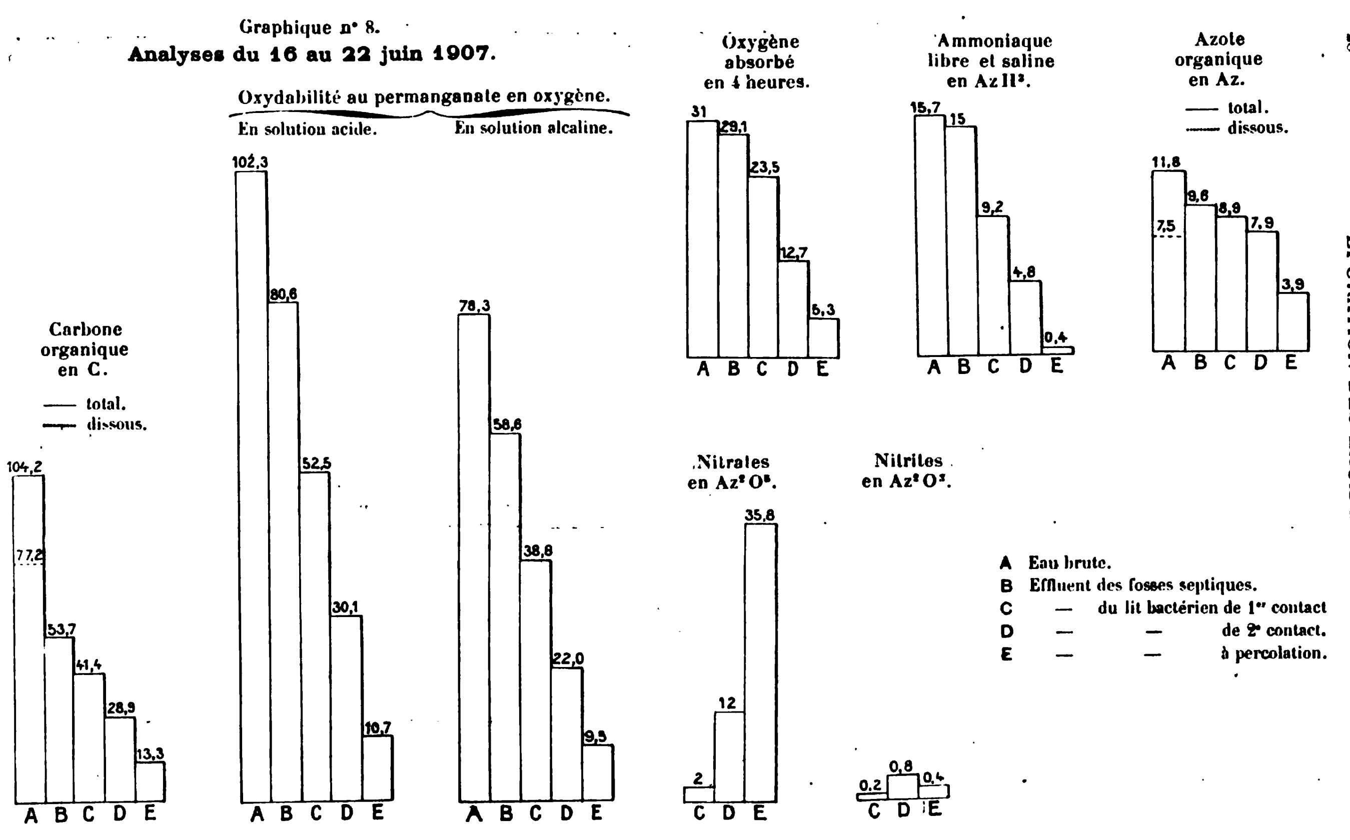
Nous résumons ci-après, dans les graphiques nos 5, 6, 7, 8, les résultats moyens de toutes nos analyses pendant les périodes des 13 au 19 janvier, 17-23 mars, 5-11 mai, 16-22 juin 1907.


Graphique n° 5.
Analyses du 13 au 19 janvier 1907.
Carbone organique en C.
— total.
— dissous.
121,6
59,3
56,7
41,3
24,3
9,8
A B C D E
Oxydabilité au permanganate en oxygène.
En solution acide.
86,0
74,8
44,5
23,5
10,4
A B C D E
En solution alcaline.
65,5
50,8
31,6
20,9
7,8
A B C D E
Oxygène absorbé en 4 heures.
28,0
24,2
15,1
10,1
3,8
A B C D E
Ammoniaque libre ou saline en Az H³.
14,1
13,3
8,6
4,9
0,4
A B C D E
Azote organique en Az.
--- total.
— dissous.
15,1
8,0
9,8
6,9
4,9
2,7
A B C D E
Nitrates en Az²O⁵.
3,1
10,0
35,5
C D E
Nitrites en Az²O³.
0 0 0
C D E
A Eau brute.
B Effluent des fosses septiques.
C — du lit bactérien de 1er contact.
D — — de 2e —
E — — à percolation.

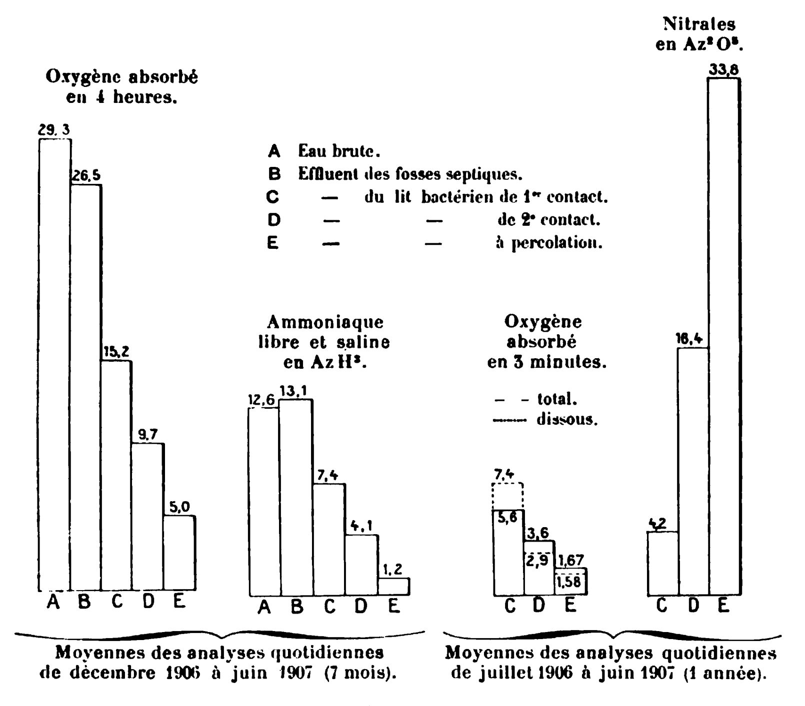

Graphique n° 6. — Analyses du 17 au 23 mars 1907.
Carbone organique en C.
— total. ---- dissous.
212
91,2
66,9
44,9
28,3
12,2
A B C D E
Oxydabilité au permanganate en oxygène.
En solution acide.
108,1
91,7
39,1
25
14,1
A B C D E
En solution alcaline.
83,3
70,8
28,7
20,7
12,2
A B C D E
Oxygène absorbé en 4 heures.
32,3
28,5
16,1
10,7
6,1
A B C D E
Ammoniaque libre ou saline en Az H³.
16,1
17,5
6,9
3,9
1,7
A B C D E
Azote organique en Az.
— total. ---- dissous.
19,1
10,7
10,7
7,6
6,0
2,2
A B C D E
Nitrates en Az²O⁵.
12
21,6
36,5
C D E
Nitrites en Az²O³.
0
0,3
1,5
C D E
A Eau brute.
B Effluent des fosses septiques.
C — du lit bactérien de 1er contact.
D — — de 2e —
E — — à percolation.



Graphique n° 7.
Analyses du 5 au 11 mai 1907.
Carbone organique en C.
- - total.
—— dissous.
89,2
52,7
45,8
37,2
26,7
16,3
A B C D E
Oxydabilité au permanganate en oxygène.
En solution acide.
66,2
60
41,3
29,6
9,9
A B C D E
En solution alcaline.
57,5
47,1
28,3
20,1
8,7
A B C D E
Oxygène absorbé en 4 heures.
27,7
27
16,6
11,8
4,5
A B C D E
Ammoniaque libre et saline en AzH³.
11,3
12,2
6,9
4,4
0,7
A B C D E
Azote organique en Az.
—— total. —— dissous.
8,5
6,5
13,0
7,8
6,5
1,8
A B C D E
Nitrates en Az²O⁵.
4,9
23,7
48,8
C D E
Nitrites en Az²O³.
0,4
1,9
0,9
C D E
A Eau brute.
B Effluent des fosses septiques.
C — du lit bactérien de 1er contact.
D — — de 2e contact.
E — — à percolation.


Graphique n° 8.
Analyses du 16 au 22 juin 1907.
Carbone organique en C.
— total.
— dissous.
104,2
77,2
53,7
41,4
28,9
13,3
A B C D E
Oxydabilité au permanganate en oxygène.
En solution acide.
102,3
80,6
52,5
30,1
10,7
A B C D E
En solution alcaline.
78,3
58,6
38,8
22,0
9,5
A B C D E
Oxygène absorbé en 4 heures.
31
29,1
23,5
12,7
5,3
A B C D E
Ammoniaque libre et saline en Az H³.
15,7
15
9,2
4,8
0,4
A B C D E
Azote organique en Az.
— total.
— dissous.
11,8
7,5
9,6
8,9
7,9
3,9
A B C D E
Nitrates en Az²O⁵.
2
12
35,8
C D E
Nitrites en Az²O³.
0,2
0,8
0,4
C D E
A Eau brute.
B Effluent des fosses septiques.
C — du lit bactérien de 1er contact
D — — de 2e contact.
E — — à percolation.

Le graphique n° 9 indique les moyennes quotidiennes pour



Graphique n° 9.

l'ensemble des analyses effectuées de juillet 1906 à juin 1907, soit pendant une année.

CHAPITRE III

BOUES DES FOSSES SEPTIQUES. — LEUR ÉLIMINATION

Nous avions reconnu l'an dernier que les fosses à sable de notre installation expérimentale de la Madeleine étaient manifestement de capacité insuffisante et nous avions estimé que cette capacité devait être égale à environ 1/20e de celle des fosses septiques.

Nous avons opéré cette transformation en novembre 1906. En même temps que nous agrandissions ces fosses, nous avons installé un régulateur de débit système *Parenty*, de façon à éviter les afflux considérables d'eau qui étaient survenus l'an dernier en janvier et surtout en février.

L'avantage de la régulation a été reconnu excellent; mais la situation de l'appareil à l'arrivée des eaux n'est pas à recommander. Cet appareil doit être placé entre la fosse à sable et la fosse septique car l'effet du régulateur est de maintenir les eaux de façon à n'en laisser passer qu'une quantité déterminée. Par suite de cette retenue, de peu de durée d'ailleurs, il se produit une première décantation en amont de l'appareil, de sorte qu'une partie des matières solides qui devraient s'accumuler dans nos fosses à sable se dépose déjà dans le petit bassin où se trouve notre régulateur de débit.

Il en résulte que nous avons trouvé cette année une proportion de matières en suspension moindre que l'an dernier dans l'eau brute.

Par contre, l'eau sortant de nos fosses septiques a toujours été remarquablement débarrassée de ces matières en suspension. La décantation a donc été aussi parfaite que possible, et l'on sait que c'est là une condition indispensable pour obtenir

le bon fonctionnement des appareils distributeurs et des lits bactériens aérobies.

On peut attribuer ces bons résultats à deux causes : d'abord au débit plus faible des eaux admises dans les fosses (400 mètres cubes en moyenne, avec 500 mètres cubes comme maximum) et aussi à la régularité de ce débit. Cette régularité a supprimé les afflux considérables d'eau qui se produisaient à certains moments l'an dernier; c'est ainsi par exemple que nos fosses livraient parfois passage, pendant quelques heures, à des masses d'eau correspondant à un débit de 1000 mètres cubes par jour.

Avec ces grands débits, non seulement la décantation était insuffisante, mais il pouvait se produire des entraînements de matières déposées au fond des fosses.

En nous basant sur ces constatations, il nous paraît recommandable de modifier, pour les petites installations tout au moins, les dispositifs que nous avions proposés antérieurement.

Les eaux arrivant de l'égout devraient traverser d'abord, comme nous l'avons dit, une fosse à sable d'assez grande capacité (1/20e au plus du débit moyen en 24 heures). Cette fosse à sable, précédée de grilles, serait construite de telle façon que son niveau puisse varier, et que, munie d'un régulateur de débit, elle puisse, au moins pendant un certain temps, emmagasiner une certaine quantité d'eau. On obtiendrait ainsi une bonne séparation préalable des matières lourdes et imputrescibles, une alimentation plus régulière de la fosse septique et, par suite, un effluent de cette fosse toujours plus exempt de matières en suspension.

*
* *

Nous avons jugé utile d'effectuer, en novembre 1906, un nouveau dragage qui était surtout indispensable dans la fosse fermée, celle-ci ayant été insuffisamment draguée l'année précédente.

Nous ne saurions trop recommander, à ce sujet, d'établir les fosses septiques, lorsqu'on les exige fermées, de telle façon que la couverture puisse se démonter facilement pour per-

mettre les dragages lorsqu'ils deviennent nécessaires, ce qui est toujours le cas à intervalles plus ou moins éloignés.

Nous rappelons que de juillet 1905 à juin 1906 nous avions extrait des :

	Boues humides.	Matières sèches.
Fosses à sable	6 758 kilogr.	1 880 kilogr.
Fosses septiques	70 434 —	14 640 —

De juillet 1905 à juin 1906 nous avons retiré à nouveau des :

Fosses à sable	852 kilogr.	209 kilogr.
Fosses septiques	112 360 —	24 849 —
Soit au total pour 3 ans. .	190 404 kilogr.	41 578 kilogr.
Ou par an	63 468 —	13 859 —
Et par mois	5 288 —	1 155 —

Pendant ces 3 années notre installation a reçu une moyenne de 500 mètres cubes d'eau par jour, soit 540 000 mètres cubes. Ces eaux ont donc déposé environ $0^{k},352$ par mètre cube.

De notre expérience de 3 années, nous devons conclure que, dans le cas des eaux d'égout de la Madeleine, le dragage des fosses septiques devra être effectué chaque année. La ville de la Madeleine étant une agglomération en partie urbaine et en partie rurale, ses égouts du système *unitaire* reçoivent toutes les eaux qui ont lavé les chaussées; or, celles-ci sont toujours souillées, surtout pendant l'hiver, d'argile, de terre et de sable amenés par les charrois incessants dus à l'activité industrielle de la localité et à sa proximité de Lille. Nous pensons que nous sommes ici dans les plus mauvaises conditions pour une installation d'épuration d'eaux d'égouts, par suite de la présence de quantités importantes de matières en suspension d'origine minérale.

Si nous prenons les chiffres donnés ci-dessus pour base en prévoyant deux dragages par an, une ville émettant 10 000 mètres cubes d'eau d'égout par jour devra évacuer annuellement 1370 tonnes de boues, soit 655 tonnes tous les 6 mois. Ces boues, déversées et égouttées dans un bassin de 1 mètre de profondeur, exigeront pour l'établissement de ce bassin une surface (y compris les murs et talus) de 750 mètres carrés. On voit que nous sommes très loin des surfaces

considérables qui, selon les critiques de M. *Vincey* par exemple, devaient être prévues pour l'évacuation de ces boues.

Dans les questions d'épuration d'eaux d'égout, il faut se garder de généraliser les résultats d'une période d'observation trop brève : une longue expérience seule peut permettre d'apporter des conclusions.

*
* *

Nous avons indiqué l'an dernier la composition moyenne des boues des fosses septiques : les chiffres s'appliquaient aux échantillons prélevés dans la fosse septique ouverte. Pendant le dragage de la fosse septique fermée nous avons aussi prélevé de nombreux échantillons que nous avons soumis à l'analyse. Le tableau ci-après en donne les résultats moyens et nous reproduisons à titre de comparaison ceux que nous avions relevés précédemment.

Composition moyenne des boues des fosses septiques.

	Matières sèches % de boues humides.	Matières volatiles au rouge.	Matières fixes au rouge.	Matières grasses.	Azote.
	—	—	—	—	—
		Fosse ouverte.			
Moyenne	20,65	34,7	65,5	5,4	1,37
Minimum entrée. .	18	31,2	68,8	5,18	0,85
Maximum sortie. .	21,2	39	61,0	7,27	1,80
		Fosse fermée.			
Moyenne	24,54	28,62	71,38	5,64	1,04
Minimum	18,35	21,5	78,5	3,67	0,86
Maximum	28,28	32,4	67,6	7,33	1,27

Pour l'intelligence des considérations qui vont suivre, rappelons que, pendant les 2 premières années de nos expériences, la fosse fermée avait été insuffisamment draguée. Au contraire, en novembre dernier, le dragage a été effectué aussi complètement que possible.

Le long séjour de ces boues dans la fosse fermée nous permet d'expliquer les différences assez marquées qu'elles présentent avec celles de la fosse ouverte. En effet, les boues plus tassées contiennent aussi moins de matières organiques (matières volatiles au rouge, azote). Il n'y a guère que les matières grasses qui, difficilement fermentescibles, restent

sensiblement en même proportion. Ces constatations nous apportent de nouvelles preuves de l'activité indéniable de la désintégration des matières organiques en fosse septique.

* * *

Nous avons indiqué déjà (1er volume de ces recherches, page 28) la composition moyenne des boues flottantes des fosses septiques. Nous avons repris cette étude en prélevant systématiquement les échantillons de plus en plus loin de l'entrée des eaux dans les fosses. Les chicanes de surface et les planches de bois, que nous avons posées transversalement de distance en distance (tous les 3 mètres environ) à la surface de la fosse septique ouverte, pour éviter que les boues flottantes ne soient immergées par les grands vents, divisent cette fosse en 10 sections. Les boues flottantes sont très abondantes dans les premières sections; leur quantité diminue fortement dans la 6e et, après la 8e il n'y a plus qu'une mince pellicule, le plus souvent même localisée dans les angles. Nous n'avons donc pu prélever des échantillons que dans les 7 premiers compartiments.

Le tableau VIII donne les résultats de nos analyses. On constate, à part certaines irrégularités faibles, que les proportions des diverses substances dosées varient suivant le chemin qu'elles ont parcouru.

TABLEAU VIII. — **Composition des boues de surface prélevées en Avril 1907 dans la fosse septique ouverte.**

COMPARTIMENTS.	MATIÈRES VOLATILES AU ROUGE.	MATIÈRES FIXES AU ROUGE.	MATIÈRES GRASSES.	AZOTE.	FER.	CARBONE DES BOUES EN C 0/0	CARBONE DES MATIÈRES VOLATILES EN C 0/0
1er compartiment.	52,35	47,65	27,38	1,94	6,8	29,2	55,7
2e —	51,23	48,77	20,76	1,97	10,5	32,8	64,0
3e —	50,59	49,41	21,07	2,13	10,5	29 3	57,7
4e —	48,96	51,04	19,06	2,15	9,1	28,4	58,9
5e —	48,15	51,85	17,67	2,20	11,1	28,4	58,9
6e —	48,45	51,55	17,83	2,25	11,75	30,7	63,3
7e —	48,40	51,60	16,12	2,35	15,5	29,0	59,7

Les matières organiques totales (comptées par la perte au rouge) diminuent assez rapidement d'abord, puis insensiblement pour les dernières sections. Il est évident, *a priori*, que, plus les boues sont riches en matières grasses, plus elles sont légères, de sorte que leur teneur en graisses va sans cesse en diminuant de l'entrée vers la sortie.

L'azote, au contraire, augmente régulièrement, probablement par suite d'un commencement de dissolution des matières azotées complexes qui, d'abord précipitées avec les boues lourdes, sont, étant devenues plus légères, ramenées à la surface par les gaz de fermentation.

La proportion de carbone est constamment énorme : il est vrai que, par la méthode de *Desgrez*, nous dosons non seulement le *carbone organique*, mais aussi le *carbone minéral* qui, sous forme de suie, est toujours très abondant dans les eaux d'égout de nos villes industrielles du Nord. Nous avons indiqué, en regard du taux de carbone trouvé, la proportion de carbone pour 100 de matières organiques (perte au rouge) et ne voyons plus ici une progression régulière dans un sens ou dans l'autre comme pour nos autres résultats. On peut expliquer ce fait en remarquant que les résultats maxima correspondent aux sections 2 et 6 : ces sections sont celles qui se trouvent immédiatement après une chicane de surface. Peut-être est-ce parce que des particules de suie, toujours accompagnées de matières huileuses et goudronneuses très légères, ayant passé sous ces chicanes, finissent par émerger, que la proportion de carbone augmente dans les boues flottantes.

Du dosage de la quantité de *fer* il n'y a rien de bien important à déduire si ce n'est que les boues flottantes en sont très riches. Le fer dissous dans les eaux passe facilement à l'état de très fin précipité de sulfure et celui-ci est ramené vers la surface par les bulles de gaz provenant des fermentations qui s'opèrent surtout activement dans les couches profondes.

CHAPITRE IV

EXPÉRIENCES SUR LA FIXATION DES MATIÈRES ORGANIQUES PAR DIFFÉRENTS SUPPORTS

1[re] *expérience.* — Un lot A de scories a été stérilisé dans des ballons par flambage à 180° pendant une heure; un lot B des mêmes scories a été introduit dans des ballons sans stérilisation; un lot C a été d'abord calciné au rouge, puis introduit dans des ballons et flambé à 180°.

On a préparé, d'autre part, des solutions à 1 pour 100 de peptone, d'albumine, d'asparagine, de sulfate d'ammoniaque, de glucose et d'amidon soluble. Ces solutions ont été stérilisées par filtration sur bougie Chamberland, et introduites dans un état de limpidité parfaite dans les ballons à raison de 100 centimètres cubes par 100 grammes de scories. Après deux heures de contact, on a procédé à l'analyse de la solution qui baignait les scories. Dans le cas de fixation, l'abaissement du titre de la solution en mesurait l'importance.

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau suivant :

I. — *Matières azotées.*

Matière introduite.	Scories.	Azote initial en grammes pour 1000.	Azote après 2 h. de contact en grammes pour 1000.	Proportion 0/0 d'azote fixé.
Albumine . . .	A. . .	0,164	0,157	4,26
	B. . .	0.164	0,158	3,65
	C. . .	0,164	0,135	17,68
Peptone. . . .	A. . .	1.434	1.298	9,47
	B. . .	1,434	1.236	9,62
	C. . .	1,434	1,242	13,38
Asparagine . .	A. . .	1.812	1,765	2,59
	B. . .	1,812	1.765	2,59
	C. . .	1.812	1,771	2,26
Sulfate d'ammoniaque.	A. . .	2,194	2,137	2,59
	B. . .	2,194	2,108	3,91
	C. . .	2,194	2 148	2,09

II. — *Matières hydrocarbonées.*

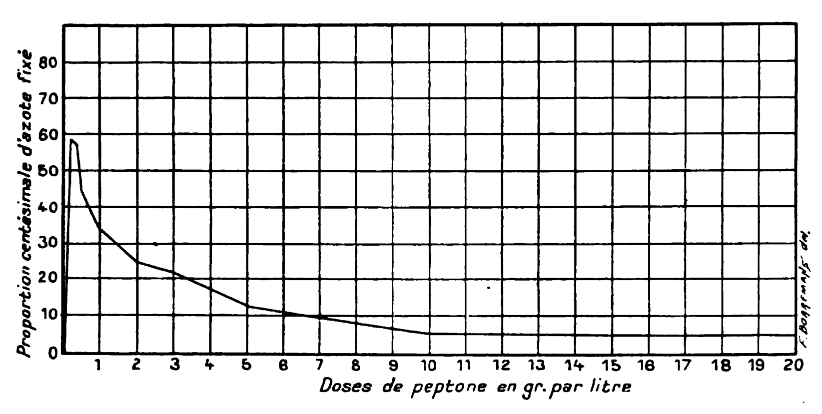
		Glucose init. en grammes 0/0.	Glucose après 2 heures.	Proportion 0/0 fixée.
Glucose.	A. . .	1,000	0,990	1,0
	B. . .	1,000	0,986	1,4
	C. . .	1,000	0,990	1,0
		Amidon initial en grammes 0/0.	Amidon après 2 heures.	Proportion 0/0 fixée.
Amidon soluble.	A. . .	0,887	0,882	0,55
	B. . .	0,887	0,877	1,10
	C. . .	0,887	0,850	4,20

Ces chiffres montrent qu'en général la fixation est plus élevée avec les scories calcinées fraîchement qu'avec les scories qui n'ont subi aucun traitement. La fixation se manifeste pour toutes les matières azotées ; elle est surtout accentuée avec les matières azotées complexes, telles que l'albumine et la peptone ; elle est moins forte avec les matières azotées déjà dégradées, telles que l'asparagine et l'ammoniaque.

Pour les matières hydrocarbonées, la fixation semble très faible; elle est insignifiante pour le glucose, et même pour l'amidon soluble, sauf dans ce dernier cas avec les scories calcinées. Le pouvoir fixateur des scories s'exerce donc surtout vis-à-vis des matières azotées.

2e *expérience. — Influence de la dose de matière azotée sur la fixation.*

On a préparé 10 matras flambés contenant chacun



Graphique n° 10. — Variations de la proportion centésimale de peptone fixée par les scories suivant la concentration du liquide en peptone.

200 grammes de scories fraîchement calcinées, et on a mis ces scories en contact avec des solutions de peptone de concentration variable de 0,1 pour 1000 à 20 pour 1000, stérilisées à la bougie.

Après deux heures de contact, on a procédé à l'analyse et on a obtenu les résultats suivants :

Doses de peptone p. 1000.	Azote introduit en mg. par litre.	Azote retrouvé en mg par litre.	Azote fixé en mg. par litre.	Proportion 0/0 d'azote initial fixé.
0,1	7,59	3,90	3,69	48,6
0,2	16,27	6.69	9,58	58,8
0,3	21.19	8,92	12,27	57,9
0,5	47,40	27,05	20,35	42,9
1,0	86,45	55,49	30,96	35.8
2,0	249,59	188,24	61,35	24,5
3,0	319,44	249,99	69,45	21,7
5,0	666,66	586,11	80,55	12,0
10,0	1252,77	1183,33	69,44	5,5
20,0	2672,22	2511,11	161,11	6,9

Le graphique (n° 10) représente les variations dans la proportion centésimale d'azote fixé, suivant les concentrations en peptone. On voit que la proportion fixée s'élève très rapidement pour atteindre son maximum, voisin de 60 pour 100, à la dose de 0^{gr},2 de peptone par litre. Jusqu'à la dose de 10 grammes par litre, la fixation décroît ensuite rapidement, et elle devient sensiblement constante au-dessus de 10 grammes par litre. On voit en outre que la quantité d'azote fixée est d'autant plus grande que la concentration en peptone est plus forte, mais la proportion centésimale d'azote fixé est d'autant plus faible que la solution est plus riche en peptone.

Remarquons enfin que les doses pour lesquelles la proportion d'azote fixé est maxima sont précisément celles qui correspondent à la teneur ordinaire des eaux d'égout en azote organique. Les procédés biologiques sont donc appliqués sous ce rapport dans les conditions les meilleures.

3e *expérience. — Influence du temps sur la proportion centésimale d'azote fixé.*

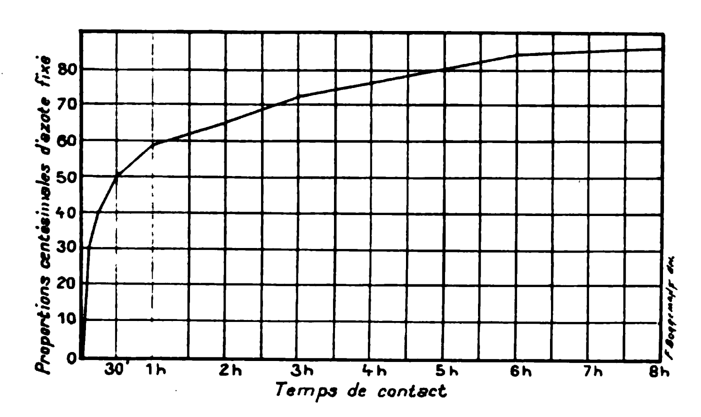
On a rempli 15 matras flambés avec 200 grammes de scories calcinées fraîches ; on y a ajouté 200 centimètres cubes d'une solution de peptone à 0^{gr},2 par litre, stérilisée par filtration à la bougie Chamberland. Un des matras a été sacrifié après

5 minutes et le liquide a été soumis à l'analyse, le deuxième après 10 minutes, le troisième après 15 minutes, le quatrième après une demi-heure, et ainsi de suite, le dernier ballon restant en contact avec la peptone pendant huit heures.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant.

Durée.	Azote initial en mg. par litre.	Azote restant en mg. par litre.	Azote fixé en mgr par litre.	Proportion centésimale d'azote fixé.
5 minutes. . . .	14,96	10,42	4,54	30,3
10 —	»	9,62	5,34	35,6
15 —	»	9,08	5,88	39,5
30 —	»	7,48	7,48	50,0
45 —	»	6,68	8,28	55,3
1 heure.	»	6,15	8,81	58,8
1 — 1/2. . . .	»	5,88	9,08	60,7
2 heures	»	5,34	9,62	64,3
2 — 1/2. . . .	»	4,81	10,15	67,8
3 heures.	»	4,27	10,69	71,3
4 —	»	3,47	11,49	76,8
6 —	»	2,40	12,56	83,9
8 —	»	2,14	12,82	85,6

Le graphique (*n°* 11) représente les variations de la proportion centésimale d'azote fixé suivant la durée de contact.



Graphique n° 11. — Variation de la proportion centésimale d'azote fixé suivant la durée de contact.

On voit que la fixation dans les débuts est pour ainsi dire instantanée ; en 5 minutes, un tiers environ de la matière organique est fixée sur les scories. La proportion fixée croît

ensuite assez rapidement, mais beaucoup moins vite qu'au début, pendant la première heure, où elle atteint près de 60 pour 100 de l'azote introduit. A partir de ce moment la proportion fixée s'élève lentement et elle n'atteint 85 pour 100 qu'après huit heures. Il suffit donc, dans la pratique, d'un temps très court pour que la fixation des matières organiques s'opère sur les scories.

CHAPITRE V

FONCTIONNEMENT DES LITS BACTÉRIENS A DOUBLE CONTACT

Il est intéressant de rechercher si les substances organiques solubles des eaux d'égout sont directement attaquées, décomposées et minéralisées pendant la période de plein des lits bactériens.

Dunbar a fait sous ce rapport une série d'expériences très démonstratives. Six lits bactériens composés de scories identiques ont été remplis chaque jour avec la même eau d'égout. La vidange a eu lieu pour le premier lit après une demi-heure de plein, pour le second lit après une heure, pour le troisième après deux heures et ainsi de suite. Les résultats ont été les suivants :

	Durée du contact heures.	OXYDABILITÉ en mg. de permanganate p. litre. 1 jour.	2 jours.	4 jours.	6 jours.	Diminution de l'oxydabilité 0/0 au 6e jour.
	—	—	—	—	—	—
Eau brute..		365	402	372	457	
Effluent du lit n° 1.	1/2	234	164	175	143	68,71
— — 2.	1	141	147	163	126	72,43
— — 3.	2	120	125	105	91	80,09
— — 4.	4	115	111	99	80	82,49
— — 5.	6	»	117	93	74	83,81
— — 6.	12	111	70	70	63	86,21

Ces chiffres montrent nettement qu'à partir du sixième jour, quand le lit est bien peuplé, il se produit au début du remplissage, pendant la première demi-heure de plein, une diminution immédiate et très considérable de l'oxydabilité. Pendant les heures suivantes, l'oxydabilité diminue beaucoup plus lentement.

Des expériences complémentaires ont montré que cette forte diminution de l'oxydabilité s'effectue dans les 5 premières

minutes du remplissage. La séparation des substances organiques solubles ne se fait donc pas peu à peu et régulièrement, comme cela se produirait s'il s'agissait d'une décomposition bactérienne pendant la période de plein; elle se fait pour ainsi dire subitement.

Une autre expérience de *Dunbar* indique aussi que l'abaissement de l'oxydabilité pendant la période de plein ne peut être attribué aux bactéries. Un lit bactérien est rempli avec de l'eau d'égout et vidé après une heure de contact, puis arrosé en courant continu par une quantité d'eau capable de le remplir cinq fois, le filtre restant constamment plein pendant cette opération. Les résultats ont été les suivants :

	EAU BRUTE	EFFLUENT					
		Après 1 heure de contact.	PAR PASSAGE A TRAVERS LE LIT				
			1er remplissage.	2e remplissage.	3e remplissage.	4e remplissage.	5e remplissage.
Oxydabilité en mg. de permanganate.	406	178	142	136	276	295	339
Diminution de l'oxydabilité 0/0. . .		56,2	65	66,5	32	27,3	16,5
Odeur.	fécaloïde	faible	faible	faible	faiblemt fécaloïde	fécaloïde	fécaloïde

On voit qu'au début l'eau a été transformée en un effluent imputrescible, mais à partir du troisième remplissage le pouvoir épurant a diminué de plus en plus. Ce phénomène ne peut s'expliquer que par une diminution des facultés d'absorption du support. Ce pouvoir absorbant des scories ne peut être régénéré que par les bactéries qui décomposent et détruisent les matières organiques fixées, et alors seulement le lit peut fonctionner de nouveau.

Le pouvoir absorbant des scories peut être mis aisément en évidence : *Dunbar* a montré qu'en plaçant une solution à 0,1 pour 100 d'albumine en contact avec des scories stérilisées, les scories fixent en quelques minutes 50 pour 100 de l'albumine présente, puis l'absorption se continue lentement. Les expériences de *Boullanger* faites à l'Institut Pasteur de Lille et rapportées ci-dessus, sont aussi tout à fait démonstratives

sous ce rapport, ainsi que celles de *Dzierzgowski* que nous avons déjà citées. Ces phénomènes de fixation se produisent donc dans les lits bactériens dès le début du remplissage, en l'absence de tout phénomène biologique, et c'est à eux qu'on doit rattacher en grande partie la diminution de l'oxydabilité pendant la période de plein.

Les phénomènes biologiques jouent cependant un certain rôle dans cette période, car on constate, pendant le plein, une formation sensible d'acide carbonique. *Dunbar* a ainsi constaté qu'une eau d'égout contenant $3^{mgr},8$ d'acide carbonique libre par litre, en renferme $68^{mgr},9$ après un contact de 5 minutes, $134^{mgr},9$ après un contact de 6 heures et $156^{mgr},2$ après un contact de 12 heures. L'acide carbonique combiné augmente aussi, mais faiblement. L'augmentation subite du gaz carbonique dans les 5 premières minutes provient évidemment de l'acide déjà formé dans le lit, et l'augmentation observée ensuite provient de la destruction des matières organiques par les microbes. Mais comme, pendant cette expérience due à *Dunbar*, l'oxydabilité du liquide est restée à peu près constante après une heure de contact, il en résulte que l'acide carbonique dégagé doit provenir des matières organiques déjà fixées par les scories.

Pour étudier ce qui se passe pendant les périodes d'aération, *Dunbar* a mis en marche un lit bactérien, et après 4 heures de plein, il a évacué le liquide, puis fermé hermétiquement les ouvertures du lit, après l'avoir rempli d'air privé d'acide carbonique. Après 6 heures, l'analyse des gaz a montré qu'il n'y avait plus du tout d'oxygène et que la proportion d'acide carbonique libre s'élevait de 6, 4 à 9, 1 pour 100. Dunbar a constaté, en outre, en comparant sous ce rapport un lit bactérien en gravier et un lit en coke, que le coke absorbe et retient énergiquement l'acide carbonique, tandis que le gravier le laisse facilement échapper.

Dunbar a constaté expérimentalement que les scories calcinées n'ont qu'un pouvoir fixateur très faible vis-à-vis de l'oxygène, l'air qui passe sur ces scories contenant encore, à son départ, 18,2 à 19 pour 100 d'oxygène. Au contraire, les scories enlevées d'un lit bactérien en activité donnent des résultats tout à fait différents. On constate une diminution

considérable de la teneur en oxygène, et une apparition correspondante d'acide carbonique. En traitant ces scories par l'eau distillée avec périodes de plein et d'aération, on constate pendant très longtemps, durant les périodes d'aération, une diminution de la teneur en acide carbonique et les nitrates n'apparaissent dans le liquide que quand l'air qui reste dans le lit après la période d'aération renferme des quantités notables d'oxygène restant.

Les expériences de *Dunbar* ont montré en outre que, pendant la période d'aération, un lit bactérien consomme non seulement l'oxygène de l'air contenu dans ses interstices, mais absorbe en outre avec énergie l'oxygène de l'air environnant. On s'en rend compte aisément en mettant en communication avec un réservoir d'air un lit bactérien pendant la période d'aération. *Dunbar* a ainsi constaté qu'après 22 heures le lit avait absorbé 348 centimètres cubes d'oxygène du réservoir. Aussi s'est-on demandé s'il ne serait pas utile de favoriser artificiellement cette absorption d'oxygène. *Lowcock* et *Warnig* ont fait des essais dans cette voie, mais sans résultats pratiques, à cause des frais que ces dispositifs entraînent.

Après un certain temps de fonctionnement, il se produit à la surface des scories une accumulation de matières organiques suffisante pour entretenir pendant plusieurs semaires les phénomènes d'oxydation. Dans un lit bactérien ainsi abandonné à l'air, ces phénomènes deviennent tellement actifs qu'on peut y constater une élévation de température de 8 à 10° centigrades.

Les considérations qui précèdent indiquent les principes qui doivent guider dans le choix des matériaux pour la construction des lits bactériens. En premier lieu, il faut envisager le pouvoir absorbant des matériaux pour les matières organiques, puis leur résistance aux intempéries.

Le pouvoir absorbant est fonction de la surface : plus les matériaux sont fins, plus la surface est grande, et plus le pouvoir absorbant est élevé. *Dunbar* a ainsi comparé du coke et des grains de sable de différentes grosseurs et il est arrivé aux résultats suivants :

I. — *Essais avec le sable.*

(Remplissage 4 heures, 20 heures d'aération.)

Grosseur des grains.				Oxydabilité mg. de permanganate par litre.	Diminution de l'oxydabilité 0/0.	Oxygène absorbé 0/0 de la quantité d'oxygène présent.	Acide carbonique produit en volumes 0/0 de la quantité d'air.
—				—	—	—	—
Eau brute				498,8	»	»	»
Effluent du sable de		2 à 3	mm.	235,4	52,8	62,3	5,2
—	—	3 à 5	—	241,6	51,6	46,4	3,9
—	—	5 à 7	—	257,1	48,5	32,4	2,6
—	—	7 à 10	—	262,6	47,6	35,7	3,3
—	—	10 à 20	—	275,7	44,7	30,0	3,1
(Après 7 jours de fonctionnement. — Remplissage 4 heures, 20 heures d'aération.)							
Eau brute				437,5	»	»	»
Effluent du sable de		2 à 3	mm.	199,0	54,5	94,7	10,3
—	—	3 à 5	—	217,2	50,4	80,7	9,0
—	—	5 à 7	—	224,8	48,6	65,2	7,2
—	—	7 à 10	—	238,5	45,5	64,7	7,3
—	—	10 à 20	—	252,7	42,2	63,8	8,6

II. — *Essais avec le coke.*

(Remplissage 4 heures, 20 heures d'aération.)

Eau brute				498,8	»	»	»
Effluent du coke de		2 à 3	mm.	161,1	67,7	74,4	3,7
—	—	3 à 5	—	198,3	60,1	57,0	2,1
—	—	5 à 7	—	204,5	59,0	52,2	1,6
—	—	7 à 10	—	204,5	59,0	45,9	1,6
—	—	10 à 20	—	257,1	48,6	42,0	2,2
(Après 7 jours de fonctionnement. 4 heures de plein, 20 heures d'aération.)							
Eau brute				437,5	»	»	»
Effluent du coke de		2 à 3	mm.	150,4	65,6	100	6,9
—	—	3 à 5	—	186,8	57,8	84,1	5,4
—	—	5 à 7	—	189,9	56,6	71,0	4,9
—	—	7 à 10	—	214,2	51,0	61,8	5,1
—	—	10 à 20	—	214,2	51,0	59,9	5,0

On voit par les chiffres qui précèdent que plus les grains sont fins, plus la diminution de l'oxydabilité est grande. L'oxygène absorbé est d'autant plus abondant que les matériaux sont plus petits. On voit en outre que la diminution de l'oxydabilité est beaucoup plus forte avec le coke qu'avec le sable. La quantité d'acide carbonique dégagée par le coke est plus faible que celle qui est dégagée par le sable, car le coke retient énergiquement l'acide carbonique.

On peut se demander à quoi est due cette action favorable

du coke. On a cru que la porosité de cette substance jouait un rôle. Mais *Dunbar*, en comparant des scories et de la pierre ponce très poreuse, au point de vue du pouvoir épurant, a constaté qu'au bout de quelques jours les scories sont nettement supérieures à la pierre ponce. La porosité ne paraît donc pas avoir l'importance qu'on lui attribue. *Dunbar* a reconnu que la composition chimique des matériaux, et notamment la richesse en fer, joue un rôle important dans le pouvoir épurant des supports. En expérimentant avec deux lits bactériens ouverts, composés de graviers de 5 à 10 millimètres, l'un sans fer, l'autre avec une addition de 1 pour 100 de fer, *Dunbar* a obtenu les résultats suivants :

	Mois.	Oxydabilité, mg. de permanganate par litre — Eau brute.	Effluent.	Diminution 0/0.
Gravier de 5 à 10 mm..	1	302	134	55,6
	2	318	108	66,0
	3	336	108	67,9
	4	360	125	65,3
Gravier de 5 à 10 mm. + 1 0/0 de fer.	1	302	127	57,9
	2	318	94	70,4
	3	336	87	74,1
	4	360	97	73,1

Il est donc hors de doute qu'une certaine proportion de fer favorise les phénomènes d'absorption et par suite, aussi ceux d'oxydation. Ce fait explique pourquoi la ponce très poreuse, mais très pauvre en fer, donne des résultats moins favorables que les scories et le coke.

*
* *

Influence de la grosseur des grains sur la capacité et sur le pouvoir épurant des lits.

Dunbar donne sous ce rapport les renseignements suivants :

	Grosseur en mm. — 2-3	3-5	5-7	7-10	10-20	20-30
Gravier :						
Capacité en litres par m. c. .	265	288	329	335	344	»
Diminution de l'oxydabilité %.	61,8	61,8	57,1	56,6	46,5	»
Coke :						
Capacité en litres par m. c. .	406	410	455	429	434	518
Diminution de l'oxydabilité %.	»	69,0	64,6	62,5	51,0	44,2

On voit que le coke a toujours une capacité plus grande que le gravier. En outre la capacité est d'autant plus faible que les grains sont plus fins ; au contraire le degré d'épuration est d'autant plus faible que les grains sont plus gros.

Le tableau suivant montre l'influence de la structure des matériaux sur la capacité et sur le pouvoir épurant :

N° du du remplissage.	Charbon animal 3 à 7mm.	Charbon de bois 3 à 7mm.	P. ponce 3 à 7mm.	Scories 3 à 10mm.	Coke 3 à 7mm.	Gravier 3 à 7mm.	Coke 10 à 30mm.
			Capacité en litres par m. c.				
1	771	691	624	607	421	412	556
2	551	573	527	508	365	339	557
10	461	567	444	459	»	267	518
50	439	467	381	353	331	194	488
			Diminution de l'oxydabilité pour cent.				
1	45,1	36,7	18,0	14,3	»	»	»
2	72,1	38,9	22,4	31,0	85,8	51,4	37,6
10	78,7	62,5	40,5	47,8	87,3	83,4	34,2
50	77,6	69,6	63,0	77,7	87,0	85,8	26,5

Donc la pierre ponce, les scories et le coke présentent, après le 50e remplissage, à peu près la même capacité. Celle-ci est beaucoup plus élevée pour le charbon de bois et le noir animal.

CHAPITRE VI

COLMATAGE DES LITS BACTÉRIENS DE CONTACT

On a cru pendant longtemps que les lits, après avoir subi au début une diminution dans leur faculté épuratrice, restaient ultérieurement sans colmatage et constants dans leur action. On sait aujourd'hui que, du moins pour les lits de contact, la régénération du lit est inévitable après cinq ans de fonctionnement ou davantage, suivant la nature des eaux traitées. Les périodes de repos et les raclages sont insuffisants. Il est nécessaire de vider entièrement le lit et de débarrasser les matériaux, au moyen d'un courant d'eau, de la vase qui les englue. Les matières organiques fixées par les matériaux sont en effet décomposées en grande partie par les microbes, mais il reste toujours, à l'état de matières humiques, une certaine quantité de ces substances.

Quelques expériences de *Dunbar* sont très démonstratives sous ce rapport. Un lit bactérien formé de scories de 3 à 7 millimètres, a été laissé en fonctionnement pendant 26 mois à raison d'un remplissage par jour, comportant quatre heures de plein et 20 heures d'aération. La capacité, qui était de 319 litres par mètre cube après 50 remplissages, est tombée à 260 litres après 300 remplissages, et à 199 litres après 700. En deux ans, la capacité avait donc diminué de 40 pour 100. Une expérience analogue, faite sur un lit rempli deux fois par jour pendant 14 mois, a montré que la capacité avait diminué de près de 64 pour 100. Il en résulte qu'on peut diminuer le colmatage des lits en réduisant les volumes d'eaux traitées par jour ou en purifiant soigneusement l'eau avant de l'envoyer sur les lits. Dans les deux cas, les frais d'installation sont plus élevés. Seules les conditions locales peuvent déterminer s'il est préférable de recourir à une petite installation

peu coûteuse, où on devra fréquemment régénérer les lits, ou de construire une installation coûteuse pour réduire le plus possible le traitement des matériaux colmatés.

Le colmatage se produit toujours, même quand les eaux sont soigneusement débarrassées des matières en suspension, soit par long séjour en bassins de décantation, soit par filtration sur un premier lit. La capacité d'un lit bactérien composé de coke de 3 à 7 millimètres, rempli deux fois par jour avec de l'eau déjà traitée à travers un lit de coke de 10 à 30 millimètres, est tombée après 550 remplissages de 351 litres à 250 litres par mètre cube.

Le colmatage dépend évidemment aussi de la nature des eaux traitées. *Dunbar* a constaté qu'après un fonctionnement de quatre mois, la diminution de capacité d'un lit de coke était de 16,1 pour 100 avec de l'eau ordinaire, de 21,1 pour 100 avec de l'urine diluée, de 18,2 pour 100 avec de l'eau d'égout filtrée, de 22,4 pour 100 avec de l'eau d'égout non filtrée.

Le même savant a comparé 4 lits composés de matériaux différents, mais tous de 3 à 7 millimètres de grosseur, et remplis de la même manière avec la même eau d'égout. Il a obtenu avec les scories 82l,2 de boues par mètre cube, avec la pierre ponce 56l,7, avec le charbon de bois 50 litres, avec le noir animal 54l,4. Par mètre cube d'eau traitée, on a extrait après 725 remplissages 1l,33 de boues pour les scories qui subissaient 1 remplissage par jour, et 1l,68 pour celles qui subissaient 2 remplissages. Les matériaux retiennent beaucoup moins de boue quand ils ont de grosses dimensions (10 à 30 millimètres). Par exemple le coke ne retient que 0l,34 de boues par mètre cube d'eau traitée, après 1600 remplissages, les scories 0l,17 après 1000 remplissages, le gravier 0l,28 après 950 remplissages.

Le tableau suivant indique que ces boues sont surtout abondantes à la surface du lit :

	LITRES DE BOUES PAR MC. DE MATÉRIAUX.	
Profondeur en cm.	Avec 1 remplissage.	Avec 2 remplissages.
10-20	278	258
20-30	257	238
30-50	194	182
50-70	164	180
70-90	172	190

Le traitement des scories pour les débarrasser des boues a fait perdre en Angleterre 20 à 25 pour 100 des matériaux. *Dunbar* n'a perdu dans ses essais que 9,4 pour 100. Après le lavage, il y a en général une augmentation dans la proportion des gros matériaux et une diminution des matériaux fins.

La boue enlevée par les lavages a le caractère d'une terre humifère ; elle peut être utilisée pour des terrassements, et comme elle contient 1 pour 100 d'azote, on peut l'employer aussi pour l'amélioration du sol.

CHAPITRE VII

COLMATAGE DES LITS BACTÉRIENS A PERCOLATION

Les dangers de colmatage sont ici beaucoup moindres qu'avec les lits de contact, car il n'est pas nécessaire, pour obtenir une bonne épuration, de construire les lits avec des matériaux fins. En outre, tandis que les lits de contact se colmatent dans toute leur étendue et exigent par suite un bouleversement complet des lits pour le nettoyage, les lits à percolation, construits avec des matériaux de grosseur croissante de haut en bas, se colmatent surtout par la surface, et les produits colmatés sont entraînés facilement par le courant d'eau sous la forme de flocons. Il suffit de disposer à la suite des lits à percolation un petit bassin de décantation pour les retenir complètement.

Dunbar a constaté qu'on peut réduire considérablement la quantité de flocons entraînés par l'eau des lits à percolation en plaçant à la surface de ces lits une couche de fins matériaux. Il a préconisé une méthode de construction qui consiste à placer à la surface des lits une couche de fins matériaux, et au-dessous des matériaux de plus en plus gros. Dans ces conditions si l'on verse de l'eau sur la couche supérieure, celle-ci laisse *égoutter* cette eau sur les matériaux qui se trouvent au-dessous. La couche supérieure retient toutes les substances en suspension, et fixe une grande partie des matières solubles ; en outre la répartition de l'eau est parfaitement régulière. Les expériences ont conduit à disposer ainsi à la surface des lits des sillons remplis de fins matériaux à la surface desquels l'eau à épurer est répandue. Cette méthode a l'inconvénient d'occasionner le colmatage rapide des sillons ; en outre, quand l'eau d'égout arrive subitement en grande quantité, elle passe par-dessus les rigoles. Pour éviter cet inconvénient, *Dunbar*

a fait construire à *Gross-Hansdorf*, un lit bactérien en pyramide (figure 1) formé de scories de la grosseur du poing. Ce lit a é é recouvert d'une couche de matériaux fins, couche maintenue par un anneau dont les bords empêchaient tout débordement de l'eau à l'extérieur. Les résultats ont été excellents et la puissance épuratrice a atteint 1^{mc},14 par mètre cube de scories. A *Oderberg*, la répartition des matériaux a été faite ainsi pour un lit de 1^{m},70 de hauteur; à la surface on a disposé une cuvette de 30 centimètres de profondeur, puis une couche de 50 centimètres de scories de 1 à 3 millimètres, une couche

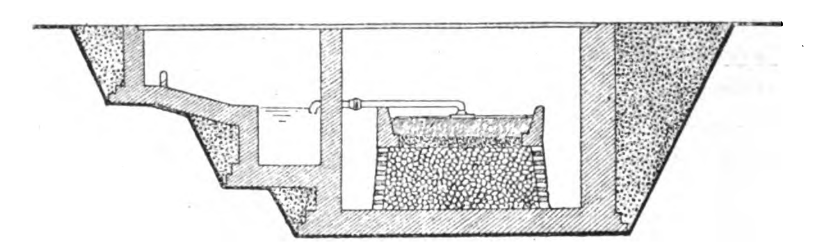


Fig. 1. — Lit bactérien à percolation de *Dunbar*, à *Gross-Hansdorf*.

de 10 centimètres de scories de 3 à 10 millimètres, une autre couche semblable de scories de 10 à 30 millimètres et enfin une couche de 70 centimètres de scories dont la grosseur varie de celle du poing à celle de la tête.

Cette méthode a été également employée à *Unna* (voir notre 2e volume, page 165) et elle y fonctionne depuis 1905 dans des conditions très satisfaisantes.

Les meilleurs résultats au point de vue de la couche filtrante ont été obtenus par *Dunbar* avec le coke et les scories en fragments de grosseur supérieure à 1 millimètre, mais inférieure à 3 millimètres. Il faut éviter de les placer directement sur les gros matériaux, mais les séparer au contraire d'eux par deux couches, de 10 centimètres, l'une de grains de 3 à 10 millimètres, l'autre de grains de 10 à 30 millimètres. Dans ces conditions le colmatage n'atteint jamais la première couche de 3 à 10 millimètres, et pour éviter l'encrassement de la couche superficielle, il suffit de remuer à la pelle de temps à autre les 10 ou 15 centimètres superficiels, et de laisser le lit un ou deux jours en repos.

CHAPITRE VIII

NOUVELLES CONNAISSANCES SUR LE MÉCANISME DE L'ÉPURATION BIOLOGIQUE AÉROBIE ET SUR L'ÉTABLISSEMENT DES LITS BACTÉRIENS DE CONTACT OU PERCOLATEURS.

Rappelons que les procédés d'épuration par *lits de contact* consistent à laisser pendant environ deux heures *en contact* avec un sol artificiel poreux, généralement constitué par des scories, l'eau débarrassée au préalable, par décantation ou par fermentation en fosse septique, de la presque totalité des matières en suspension qu'elle renfermait à l'état brut.

Le sol artificiel ou *lit bactérien* est entièrement noyé dans la masse liquide.. Il faut donc que celle-ci ne puisse pas s'échapper au dehors : le lit doit, par suite, reposer sur une sole en béton imperméable et être entouré de murs en maçonnerie étanches.

Au bout de deux heures d'immersion, on ouvre une vanne qui permet d'évacuer le plus rapidement possible tout le contenu du lit sur un second lit semblable — lit de second contact — placé en contre-bas du premier. L'eau y séjourne encore deux heures et, le plus souvent, on peut alors la considérer comme suffisamment épurée. Quelquefois cependant, lorsqu'il s'agit d'eaux très impures, un troisième contact sur un troisième lit, placé encore en contre-bas des deux autres, est indispensable. Mais ces cas doivent être considérés comme exceptionnels.

Entre chaque période d'immersion, les lits de contact restent vides pendant au moins quatre heures, afin de leur permettre de s'égoutter et de s'aérer jusque dans leurs parties les

plus profondes. C'est là une condition essentielle de leur bon fonctionnement.

Lorsque les alternances d'immersion et d'aération sont bien réglées (et elles peuvent l'être, soit au moyen de vannes actionnées à la main par un personnel exercé et attentif, soit au moyen d'appareils automatiques de divers systèmes), ces lits de contact épurent aisément de 350 à 500 litres d'eau d'égout de composition moyenne par mètre carré et par jour, en trois périodes par vingt-quatre heures.

Leur puissance de travail utile est donc, par mètre carré et par jour, environ quarante fois plus considérable que celle des meilleurs champs d'épandage cultivés.

Le processus d'épuration qui s'y accomplit présente une assez grande complexité. Pour le bien comprendre, il faut se rappeler le mécanisme de l'absorption des matières organiques par les sols de différente nature.

Chacun sait que lorsqu'une eau d'égout filtre à travers un sol suffisamment perméable et convenablement drainé, on voit sortir par les drains une eau limpide, dont la pureté est tout à fait comparable à celle des ruisseaux ou des rivières les mieux protégés contre les causes accidentelles de pollution. C'est donc que le sol a absorbé et retenu les impuretés, alors même que celles-ci étaient dissoutes.

Ce phénomène d'absorption a été observé pour la première fois, il y a cent cinquante ans, par un apothicaire nommé *Bronner*, puis en 1819 par un agronome italien, *Gazzeri*. Trente ans plus tard, il a été signalé de nouveau par *Huxtable* et *Thomson*. Ces savants remarquèrent qu'en agitant de l'eau de fumier avec une terre arable, cette terre s'empare de la matière organique ; l'eau de fumier se décolore et devient limpide.

Si donc on filtre sur de la terre une dissolution de purin, par exemple, chacun des éléments du sol fixe les matières dissoutes comme par un phénomène d'adhésion ou de teinture. Chaque élément appauvrit la dissolution au passage et bientôt celle-ci se trouve débarrassée de toutes les substances organiques susceptibles d'être fixées. La distance à laquelle se produit cette épuration varie avec l'épaisseur, le pouvoir absorbant, l'hygroscopicité, la température. Elle varie aussi avec la richesse en matières organiques de l'eau déversée et

suivant la nature de ces matières. Celles qui sont le plus complexes, le plus voisines de l'état végétal ou animal, sont le plus activement fixées. La puissance d'adhésion diminue à mesure que la molécule se simplifie : elle est nulle vis-à-vis de certaines substances cristallisables.

En expérimentant sur des terres stérilisées, pour éviter toute intervention microbienne, on a constaté, à l'Institut Pasteur de Lille, que le glucose, par exemple, échappe totalement aux actions absorbantes du sol.

Il est hors de doute que les phénomènes d'attraction physique ou de teinture jouent un rôle important dans l'absorption des matières organiques. Mais les phénomènes chimiques interviennent aussi pour une grande part : c'est ainsi que la fixation de l'acide phosphorique est due en partie à l'absorption du phosphate monocalcique par les matières humiques. C'est ainsi encore que les oxydes de fer ou de manganèse possèdent un pouvoir absorbant énergique pour beaucoup de substances organiques, et que ces mêmes substances sont surtout évidemment retenues par les sols calcinés, qui sont privés de microbes et ne renferment plus que des éléments minéraux.

Il importe toutefois de remarquer que ces actions de fixation sont *limitées*; si l'apport d'eau impure est *continu* à la surface du sol, elles cessent bientôt de se produire, à *moins que les microbes n'interviennent pour rompre l'équilibre*.

Fort heureusement tous les sols, surtout ceux qui sont les plus riches en humus, sont peuplés d'une infinité de microbes auxquels la matière organique sert d'aliment. En s'en nourrissant, ils la ramènent graduellement à l'état de molécules plus simples, et finalement à l'état de matière minérale : *nitrates*, *azote gazeux*, *acide carbonique et eau*. Mais, pour effectuer ces désintégrations successives, ils ont besoin d'oxygène; ils doivent emprunter cet élément à l'atmosphère et, comme conséquence de cette *aérobiose*, le sol qui leur sert de support doit rester perméable à l'air. S'il leur arrivait d'être noyés trop longtemps dans l'eau d'égout, et d'être par conséquent bientôt privés d'oxygène, ils ne tarderaient pas à périr. Le sol resterait alors saturé de matière organique et son pouvoir d'épuration disparaîtrait du même coup.

Ainsi apparaît la nécessité de l'*intermittence* dans les irrigations d'eau d'égout, aussi bien sur la terre *nue* que sur les champs d'épandage livrés à la culture.

On comprend tout de suite que ces notions s'appliquent intégralement au travail des *lits bactériens*.

Un savant allemand, *Bretschneider*, a cependant donné une théorie d'après laquelle le fonctionnement de ces lits devrait être considéré comme purement mécanique. D'après lui, les matières ne seraient qu'en état de *pseudo-solution* dans les eaux d'égout, et elles viendraient s'agréger aux scories par simple action de capillarité, de manière à constituer à leur surface une couche filtrante analogue à la *membrane* des filtres à sable. Mais cette théorie a été victorieusement combattue par *Dunbar*. Ce savant a montré en effet qu'un lit bactérien en activité dégage toujours de l'acide carbonique et donne naissance à des nitrates; tandis que — comme l'avaient déjà prouvé *Schlœsing* et *Müntz* pour la terre arable — en présence du chloroforme, ou dans une atmosphère d'hydrogène, l'épuration diminue très rapidement et s'arrête bientôt tout à fait.

Les recherches de *Dunbar* l'ont ainsi amené à établir la théorie suivante de l'épuration dans les lits bactériens de contact : les matières en suspension sont arrêtées par les lits; les matières en solution sont fixées par un pouvoir absorbant analogue à celui du sol. Pendant les périodes d'aération, les microbes décomposent les matières fixées et régénèrent les scories en permettant une nouvelle fixation.

Pour vérifier expérimentalement cette conception, il est nécessaire d'étudier les phénomènes de fixation sur les scories et de démontrer l'intervention microbienne dans ces phénomènes. Les expériences sont rendues difficiles par ce fait que les actions de fixation, qui sont d'ordre physico-chimique, sont influencées par des causes insignifiantes en apparence et s'exercent d'une façon très variable parfois avec les mêmes échantillons. Nous connaissons cependant aujourd'hui, grâce à des expériences faites par l'un de nous à l'Institut Pasteur de Lille, et grâce aux travaux de *Dzierzgowski*, la marche générale de ces phénomènes. Le mode opératoire consiste à ajouter à un poids donné de scories ou de tous autres matériaux, une

quantité déterminée de solution d'une matière organique de constitution chimique connue. On laisse en contact une ou deux heures, puis on prélève une portion du liquide clair pour le soumettre à l'analyse. Si la dissolution s'est appauvrie, c'est qu'il y a eu fixation, et l'abaissement du titre en mesure l'intensité.

On a pu constater ainsi qu'en mettant en contact avec des scories fraîches, stérilisées et exemptes de matières organiques, une solution de peptone à $0^{gr},2$ par litre, la fixation s'opère d'abord très rapidement; au bout de cinq minutes, un tiers de la peptone est fixé; au bout de trente minutes, on n'en trouve plus que la moitié; les deux tiers ont disparu au bout de deux heures trente minutes, les trois quarts au bout de quatre heures, les quatre cinquièmes au bout de huit heures. On voit que la fixation, très rapide au début, se ralentit ensuite beaucoup : elle a atteint, dans l'expérience actuelle, 80 pour 100 de la peptone introduite, au bout de huit heures.

On a pu voir, en outre, que les matières organiques sont fixées d'autant plus énergiquement que leur molécule est plus complexe : l'albumine d'œuf est fixée plus énergiquement que la peptone, la peptone l'est plus que les amides, les amides le sont plus que l'ammoniaque, qui n'est que faiblement retenue. Le glucose et l'empois d'amidon ne sont pas fixés du tout.

Voici, par exemple, quelques résultats expérimentaux :

Proportion centésimale d'azote fixé.

Albumine	17,6 0/0
Peptone	13,4 0/0
Asparagine	2,2 0/0
Ammoniaque	2,0 0/0

La fixation augmente quand la concentration des matières est accrue, mais la proportion centésimale fixée est d'autant plus faible que la concentration est plus forte. Elle atteint, en moyenne, avec les albuminoïdes complexes et les scories fraîches, 60 à 70 pour 100 au bout de deux heures, pour les solutions à la concentration ordinaire des eaux d'égout.

Dunbar a également montré que le violet de méthyle, mis en contact avec des scories, se fixe et disparaît en deux heures, en dehors de toute intervention microbienne.

Dzierzgowsky (¹) a fait récemment, de son côté, des expériences très intéressantes. Il a étudié le pouvoir fixateur de la terre d'infusoires, du coke et des scories, sur l'albumine, la peptone, la leucine, le glucose, l'empois d'amidon, l'urée et l'ammoniaque. Il a constaté que toutes ces substances, sauf le glucose, l'urée et l'empois d'amidon, sont plus ou moins fixées par ces corps, et que l'absorption est d'autant plus faible que la molécule est plus dégradée. Cet auteur a montré en outre que les oxydes de fer, de cuivre, de manganèse, possèdent un pouvoir absorbant énergique pour beaucoup de substances organiques et minérales des eaux d'égout. Exemples :

	ABSORPTION 0/0		
	Albumine.	Peptone.	Ammoniaque.
Bioxyde de fer.	30,2	59,4	3,5
Bioxyde de cuivre.	10,6	12,0	6,4
Bioxyde de manganèse. . .	92,1	89,3	7,4

En traitant les matériaux par l'acide sulfurique pour enlever l'oxyde de fer, la fixation devient beaucoup plus faible.

Pour démontrer l'influence des microbes, *Dzierzgowsky* a comparé la fixation sans chloroforme avec la fixation en présence de chloroforme. Il a trouvé que celle-ci était beaucoup plus énergique dans le premier cas que dans le second : par exemple, 36 pour 100 d'albumine fixée sans chloroforme et 11 pour 100 avec chloroforme. Ces 11 pour 100 se rapportent évidemment à une fixation physico-chimique en dehors de toute action microbienne, et la différence entre les deux fixations, 36 — 11 = 25 pour 100, ne peut provenir que du travail des microbes (²).

D'ailleurs, en plaçant dans les lits des solutions de peptone stérile, *Dzierzgowsky* a constaté que l'épuration est beaucoup moins intense qu'en présence de microbes et qu'elle s'arrête rapidement. En outre, en réalisant une expérience avec le sucre, qui n'est pas fixé par les scories, il a vu que l'épuration est nulle en présence de chloroforme, tandis qu'elle atteint 75 pour 100 en l'absence de cet antiseptique.

(¹) DZIERZGOWSKI, *Gesundheits Ingenieur*, nos 1 et 2, 1907.

(²) L'influence de la flore microbienne sera montrée au chapitre suivant : le sulfate d'ammoniaque et l'urée, qui, sur les scories stériles, se fixent très peu, ont, au contraire, une grande affinité pour les scories peuplées de microbes.

Tous ces faits démontrent avec évidence l'action des microbes et attestent que la décomposition des matières organiques dans les lits bactériens s'effectue non seulement pendant les périodes d'aération, mais aussi pendant celles d'immersion, au moins pour les substances qui ne sont pas fixées par les scories.

Donc, dans l'épuration bactérienne par les lits de contact, on doit distinguer :

1° Des *actions physiques* : arrêt des matières en suspension, fixation de certaines matières en solution ;

2° Des *actions chimiques* : formation de combinaisons avec les oxydes de fer, de cuivre et de manganèse à la surface des lits et oxydation de certaines substances par voie chimique ;

3° Des *actions biologiques*, constituées par la fixation, l'absorption et la désintégration des matières nutritives par les microbes qui peuplent les corps poreux dont les lits sont constitués.

Lorsqu'on se propose de créer une station d'épuration biologique, il est essentiel d'étudier au préalable comment pourront s'exercer ces diverses actions *physiques*, *chimiques* et *biologiques* avec les matériaux dont on veut faire usage et avec l'eau d'égout qu'il s'agit d'épurer.

La nature et la dimension des matériaux qui servent à constituer les lits bactériens, la profondeur et la surface à donner à ces lits, varient nécessairement suivant les exigences de chaque localité.

En règle générale, on doit admettre que le coke d'usines à gaz représente le matériel de choix, en raison de son extrême porosité et de sa résistance à l'effritement. Malheureusement il est trop coûteux. En seconde ligne on choisira les scories ou mâchefers, puis en troisième ligne les briques concassées. S'il n'est pas possible de se procurer économiquement ces matériaux, on s'adressera aux laves, ou, comme pis aller, aux pierres calcaires. On écartera surtout délibérément les pierres dures, compactes, non poreuses, les cailloux roulés, les silex et les graviers siliceux, mais les ardoises pourront être employées dans certaines conditions précisées par *Dibdin* et sur lesquelles nous reviendrons plus loin.

La profondeur à donner aux lits de contact est de 1 mètre à

1 m. 20 au maximum et leur surface sera calculée d'après cette profondeur, de telle sorte que la capacité utile pour l'eau représentant un peu plus du tiers de la capacité géométrique, chaque mètre cube de coke ou de scories ait à traiter au minimum 250 litres d'eau d'égout par période de contact. Théoriquement, on devrait donc pouvoir épurer sur chaque lit de contact 750 litres d'eau par vingt-quatre heures, en trois périodes divisées ainsi qu'il suit :

1 heure de remplissage;
2 heures de plein (contact);
1 heure de vidange;
4 heures d'aération;

(soit huit heures par période et trois périodes par vingt-quatre heures).

Mais, en fait, il faut tenir compte de ce qu'en marche industrielle les lits perdent à la longue une partie de leur capacité par suite du tassement des matériaux ou par la rétention d'une masse de liquide d'autant plus considérable que les matériaux sont plus fins.

D'autre part, les amenées d'eau à la station d'épuration ne sont jamais régulières. A certaines heures du jour, et surtout de la nuit, les déversements des égouts sont presque insignifiants. Certains lits sont alors exposés à ne se remplir que très lentement ou qu'incomplètement et, s'ils sont desservis par des appareils automatiques, tels que les siphons d'*Adams* ou autres analogues, dont l'amorçage ne peut s'effectuer qu'au moment où le lit achève de se remplir, il arrive très souvent que les scories ou le coke restent noyés pendant un temps beaucoup trop long. Alors les microbes oxydants et nitrificateurs qui les peuplaient périssent, ou bien ils sont remplacés par une flore microbienne anaérobie *dénitrifiante*. Il en résulte que les résultats d'épuration deviennent très défectueux ou même nuls.

Ce fait d'importance capitale a échappé jusqu'ici à la plupart des ingénieurs ou des architectes qui ont construit des lits bactériens de contact. Presque toutes les petites installations qui ont été faites en France et en Algérie, au cours de ces dernières années, ont été ainsi établies sans tenir compte des lois

biologiques qui devaient présider à leur fonctionnement, et *aucun des appareils de remplissage ou de vidange automatiques actuellement préconisés par leurs inventeurs ne permet d'observer ces lois avec la rigueur indispensable.*

Tous exposent ceux qui les emploient à de cruels déboires. Pour qu'un appareil de ce genre puisse être utilisé, il faudrait qu'il assurât toujours la vidange *totale* du lit après deux heures de contact, alors même que ce lit n'aurait reçu qu'une quantité d'eau d'égout insuffisante pour le remplir. Il faudrait, en outre, que l'eau ne pût être déversée de nouveau sur le même lit qu'après quatre heures d'aération. Le réglage devrait donc s'effectuer d'après les *temps* et non d'après les *volumes*. Jusqu'à présent le problème n'a pas été résolu. C'est pourquoi les seuls lits de contact qui fonctionnent d'une manière satisfaisante sont ceux dont la commande est faite au moyen de vannes manœuvrées à la main.

Outre les dépenses exagérées de main-d'œuvre, rendues de ce chef inévitables, les lits de contact entraînent des frais relativement élevés de premier établissement. Ils nécessitent, je l'ai déjà dit, la construction de bassins étanches et ceux-ci doivent être pourvus d'un système de drainage capable d'évacuer dans le délai maximum d'une heure toute l'eau admise à chaque période de contact.

Sur ce drainage, il faut encore disposer les scories ou le coke en couches successives de dimensions différentes : les matériaux du fond sont les plus volumineux et ceux de la surface les plus fins.

Or, lorsqu'on remplit le lit avec l'eau d'égout, une grande partie de celle-ci (un cinquième environ en volume) se précipite dans les drains et dans la couche sus-jacente de gros matériaux. Les matières organiques dissoutes qu'elle contient échappent ainsi aux actions physiques, chimiques et biologiques qui ne peuvent s'accomplir qu'à la surface ou dans les pores des scories ou du coke. Il en résulte que le coefficient d'épuration final se trouve toujours réduit aux quatre cinquièmes seulement de ce qu'il devrait être si toutes les molécules de matière organique pouvaient être fixées et oxydées.

Tous ces inconvénients ont forcément conduit les ingénieurs sanitaires et leurs collaborateurs les bactériologistes, à cher-

cher une méthode d'épuration biologique d'une application plus sûre et plus simple. Cette méthode existe aujourd'hui et il ne paraît guère possible de la rendre plus parfaite qu'elle ne l'est déjà. Les hygiénistes anglais, qui l'ont employée les premiers, lui ont donné le nom de *percolating system* et nous l'appelons : *procédé d'épuration par lits bactériens percolateurs.*

Ce procédé consiste à recevoir l'eau d'égout — toujours préalablement débarrassée de matières en suspension par fermentation en fosse septique ou par décantation convenable — dans des appareils distributeurs qui la répartissent en pluie ou en nappes minces, et par *intermittences*, à la surface d'un lit bactérien.

Le lit bactérien dont il est fait alors usage n'a plus besoin d'être encastré entre des murs de maçonnerie étanches. On peut lui donner la forme d'un simple tas de scories, de coke ou de pierres concassées, reposant sur une sole imperméable, de béton ou d'argile. Il n'est pas nécessaire non plus de classer les matériaux par ordre de grosseur. Il suffit de les débarrasser de poussières par un bon lavage et de les disposer en talus sur 1m,50 à 2m,50 de hauteur. Leur dimension moyenne ne doit guère dépasser 5 à 25 millimètres. On a tout avantage à les employer assez fins, pourvu que l'air circule facilement dans toute la masse.

Le seul point délicat du système consiste à assurer une distribution aussi égale et régulière que possible de l'eau à la surface du lit, à des intervalles assez rapprochés pour que le rendement soit maximum, et assez éloignés pour que les substances organiques fixées sur les matériaux aient le temps de s'oxyder.

On y parvient actuellement à l'aide de dispositifs variés, les uns très compliqués, très coûteux, et donnant des résultats d'épuration presque parfaits ; les autres plus économiques et plus simples, permettant d'obtenir néanmoins une épuration largement satisfaisante.

Parmi les premiers, dont l'emploi n'est guère recommandable que pour les petites installations, se classent les *tourniquets hydrauliques* ou *sprinklers*, les *distributeurs rotatifs*, les *gouttières à renversement automatique*.

Nous avons déjà vu qu'il existe un grand nombre de

modèles de ces appareils mécaniques, tous plus ingénieux les uns que les autres.

Parmi les seconds, qui sont applicables aux installations urbaines importantes, et à l'épuration des eaux résiduaires d'industrie, où l'on cherche à donner simplement satisfaction aux règlements sur la pollution des rivières avec le minimum de dépenses de main-d'œuvre et d'entretien, il en est deux surtout qu'on peut considérer comme excellents :

L'un est constitué par les simples siphons de chasses automatiques, du type d'*Adams*, de *Geneste-Herscher-Doulton* ou de *Parenty*, que nous avons longuement étudiés ailleurs et qui déversent par *intermittences*, dans une série de caniveaux placés à la surface du lit, une quantité toujours égale de liquide. C'est ce système qui est appliqué à Lille, à la station expérimentale de la Madeleine : l'épuration qu'il fournit est très satisfaisante et il ne nécessite aucune dépense d'entretien ni de main-d'œuvre.

L'autre emploie, pour distribuer l'eau également par *intermittences*, à la surface des lits, les dispositifs de becs pulvérisateurs verticaux placés de distance en distance en quinconces. Ces becs restent à demeure sur des canalisations en fer ou en fonte qui reçoivent le liquide à épurer sous une pression d'environ $1^{m},50$ à 2 mètres. Ce mode de répartition est, sans conteste, le plus parfait, mais on peut lui reprocher d'être assez coûteux et d'être gênant pour le voisinage, parce que les mauvaises odeurs que dégage l'eau d'égout pulvérisée se répandent au loin jusqu'à 4 ou 500 mètres, parfois davantage.

Quel que soit celui de ces divers systèmes auquel on donne la préférence, le mécanisme de l'épuration est identique dans tous les cas. Au lieu de rester *en contact* avec les matériaux du lit bactérien, l'eau traverse le lit percolateur en s'égouttant lentement dans toute sa masse, et les périodes d'intermittence doivent être réglées de manière à permettre à l'air d'y pénétrer largement partout. Les phénomènes de fixation et d'oxydation de la matière organique dissoute, au lieu de se succéder, comme dans les lits de contact, s'y accomplissent presque simultanément, et on ne risque jamais de noyer les microbes en les privant trop longtemps d'oxygène, comme cela arrive dans les lits de contact dont l'immersion se pro-

longe accidentellement au delà du délai normal de deux heures.

Indépendamment de ces avantages très appréciables de sécurité et d'économie par suppression presque totale de surveillance et de main-d'œuvre, les *lits percolateurs* permettent d'épurer, par mètre carré de surface et par jour, un volume d'eau au moins double et souvent triple de celui qu'il est possible de traiter sur les lits à *double contact*. On parvient aisément à leur faire débiter, en marche industrielle, de 10 à 15 000 mètres cubes par hectare et par jour, soit un volume de liquide cent fois plus considérable que les meilleurs champs d'épandage agricole.

L'épuration n'y est pas aussi parfaite, surtout au point de vue de la réduction du nombre des germes microbiens, mais le liquide qui s'en écoule ne renferme ni ammoniaque, ni matières organiques putrescibles, ce qui est incontestablement suffisant dans la plupart des cas

On ne serait fondé à exiger davantage et à parachever l'épuration sur un filtre à sable par exemple, ou sur des champs de culture, que s'il s'agissait de déverser les eaux biologiquement épurées dans une rivière ou un fleuve, en amont d'une prise d'eau servant à l'alimentation d'une ville. Or, cette circonstance ne peut se présenter que très exceptionnellement.

Nous ne croyons d'ailleurs pas qu'il soit raisonnable d'imposer aux municipalités ou aux établissements industriels l'obligation de rendre aux rivières ou aux fleuves une eau plus pure que celle qu'on peut leur emprunter. Et si nous avions à rédiger un cahier des charges relatif à la création d'une station d'épuration urbaine, les seules conditions que nous y inscririons, en ce qui concerne l'eau épurée, seraient les suivantes :

1° *Que cette eau soit assez limpide pour permettre de lire à travers une éprouvette à fond de glace à faces parallèles les caractères d'imprimerie dits « gaillarde » sous une épaisseur de 10 centimètres;*

2° *Qu'elle soit inodore et imputrescible même après six jours de conservation à l'étuve à 30° en flacon bouché à l'émeri;*

3° *Qu'elle ne présente aucune toxicité pour les poissons;*

4° *Enfin, qu'après son mélange avec l'eau de la rivière ou du fleuve qui la reçoit, la teneur en germes du cours d'eau ne soit pas sensiblement plus élevée à 500 mètres du point de déversement qu'en amont de celui-ci.*

Il nous paraît incontestable que, si les lois que l'on prépare actuellement sur la police sanitaire des cours d'eau posent ainsi nettement le problème à résoudre, les municipalités et les industriels trouveront, dans les procédés récents d'épuration biologique par *lits de contact* ou par *lits percolateurs*, les moyens les plus simples, les plus pratiques et les plus économiques, de donner satisfaction à nos légitimes exigences d'hygiénistes et de citoyens intéressés à la sauvegarde de la santé publique.

CHAPITRE IX

NOUVELLES CONTRIBUTIONS A L'ÉTUDE DE LA NITRIFICATION DANS LES LITS BACTÉRIENS AÉROBIES

Sous ce même titre nous avons exposé, dans le premier volume de ces recherches, le mécanisme de la nitrification ainsi que le travail symbiotique des ferments nitreux et nitriques. Ces travaux nous ont permis de préciser la nature des phénomènes qui s'accomplissent dans les lits bactériens aérobies. Mais il était intéressant de rechercher en outre si, dans ces lits bactériens où il ne peut être question d'employer des cultures de ferments purs (comme il avait été fait dans les expériences de *Boullanger* et *Massol* à l'Institut Pasteur de Lille), la nitrification peut s'effectuer dans un milieu très impur et en présence de composés organiques, tels que ceux que l'on rencontre dans les eaux d'égout et les eaux résiduaires industrielles. Ces expériences, commencées en 1901 par l'un de nous([1]) ont été poursuivies depuis à mesure que de nouvelles questions se posaient pour résoudre certains cas particuliers.

Nous nous sommes servis dans ces expériences de lits bactériens de différentes formes : de tubes en verre de 1 mètre de haut et de $0^{m},05$ de diamètre avec une tubulure inférieure, de tuyaux en poterie vernissée de 1 mètre de hauteur et de $0^{m},15$ de diamètre, d'un vase cylindrique en tôle émaillée de $0^{m},60$ de haut sur $0^{m},25$ de diamètre et enfin de vases carrés en terre vernissée dont l'intérieur forme un cube de $0^{m},30$ de côté. Ces lits étaient remplis de scories lavées de 5 à 10 millimètres de diamètre environ.

On peut obtenir une nitrification très active et rapide en arrosant les scories avec de la délayure de bonne terre arable. On remplit ensuite pendant deux heures avec une solution

([1]) Une partie de ces expériences, effectuées par M. ROLANTS à l'Institut Pasteur de Lille, a été publiée dans la *Revue d'hygiène* 1901-1902-1903 et dans un rapport au Congrès d'hygiène de Bruxelles 1903.

d'ammoniaque en renouvelant les contacts deux fois par jour jusqu'à disparition de l'ammoniaque. On peut considérer les lits comme formés lorsqu'on obtient par 3 contacts la nitrification complète de 50 à 60 milligrammes d'ammoniaque.

*
* *

Nitrification de l'ammoniaque. — Nous avons recherché d'abord si l'ammoniaque peut, dans un milieu impur, se transformer intégralement en acide nitrique. Pour cela nous avons employé le lit de 0m,60 de hauteur. La solution mise en expérience contenait une proportion relativement considérable d'ammoniaque : 360 milligrammes par litre. Il a fallu 7 contacts de deux heures chacun (deux contacts par jour) pour obtenir la disparition complète de l'ammoniaque et sa transformation également complète en acide nitrique : en effet, nous voyons qu'il nous manque seulement 3mgr,9 d'azote sur les 391mgr,8 mis en expérience, quantité négligeable, eu égard aux erreurs possibles des analyses.

Milligrammes par litre.

	AMMONIAQUE		NITRITES		NITRATES		AZOTE	
	AzH^3	AZOTE CORRESPONDANT	Az^2O^3	AZOTE CORRESPONDANT	Az^2O^5	AZOTE CORRESPONDANT	RETROUVÉ	NON RETROUVÉ
Liquide mis en expérience	360	296,6	0	0	20	5,2	301,8	
Après 1er contact	133	100,6	2,5	0.9	337	87,5	197,8	104,0
— 2e —	100	82.4	12,0	4,4	440	114,0	209,8	101.0
— 3e —	56	46,1	16,0	5,8	780	202,0	253,98	47,82
— 4e —	36	29.66	50,0	18,4	880	227.9	275,96	25,84
— 5e —	10	8,24	34,0	12.5	1050	272,0	292,76	9,04
— 6e —	1,5	1,24	3,0	1,1	1140	295.3	297,64	4,16
— 7e —	0	0	0	0	1150	297,9	297,9	3,9

L'examen du tableau ci-dessus nous montre qu'au début il se fait une fixation de l'azote sur les scories, car, après le 1er contact, nous constatons une perte considérable d'azote : un tiers environ. Mais cet azote est rendu progressivement à l'état d'azote oxydé et nous retrouvons à la fin tout celui

que nous avions mis en expérience. La symbiose des ferments nitreux et nitrique est parfaite car nous ne trouvons jamais que des quantités d'acide nitreux faibles par rapport aux proportions considérables d'acide nitrique.

Cette expérience permet de montrer aussi l'influence de l'aération qui s'effectue spontanément lorsque le lit est vide. En effet, nous voyons que les contacts impairs 1 et 3 donnent proportionnellement une épuration plus parfaite que les contacts 2 et 4. Après le 1ᵉʳ contact, 62,8 pour 100 de l'ammoniaque ont disparu, et après le 3ᵉ, il disparaît encore 42,7 pour 100 de l'ammoniaque restant; tandis que respectivement, après les 2ᵉ et 4ᵉ contacts, la proportion d'ammoniaque disparue n'a été que de 23,4 pour 100 et 34,8 pour 100. Or, les contacts impairs avaient lieu le matin après 13 heures de repos des lits, tandis que les contacts pairs avaient lieu seulement 3 heures après les précédents.

*
* *

Le temps d'immersion des lits de contact doit-il être de 2 heures comme il est admis? Le tableau suivant, représentant des moyennes de plusieurs expériences, va nous permettre de répondre :

Influence du temps d'immersion des lits bactériens aérobies sur la nitrification de l'ammoniaque.

DURÉE DES CONTACTS	1/2 HEURE		1 HEURE		2 HEURES	
TITRE DE LA SOLUTION	30 milligr. pourcentage de l'Az H³ restant	100 milligrammes	30 milligr. pourcentage de l'Az H³ restant	100 milligrammes	30 milligr. pourcentage de l'Az H³ restant	100 milligrammes
Lits de 1 mètre de hauteur.						
Après 1ᵉʳ contact. . . .	58,2	53,6	53,8	52,6	51,8	55,7
— 2ᵉ —	51,0	53,8	26,4	53,1	29,4	39,7
— 3ᵉ —	13,8	21,3	11,4	19,0	11,2	22,8
Lits de 0ᵐ30 de hauteur.						
Après 1ᵉʳ contact. . . .	50,0	48,1	48,4	47,0	44,2	56,1
— 2ᵉ —	20,2	20,7	17,6	19,3	11,6	17,4
— 3ᵉ —	10,0	12,1	7,6	9,3	4,8	7,7

Lorsque l'aération est très bonne, comme dans les lits de peu de hauteur, la nitrification se poursuit après la première heure de contact : au contraire, si l'aération est moins parfaite, il n'y a aucun bénéfice appréciable à obtenir en prolongeant la durée de contact à 2 heures.

L'influence favorisante de l'aération, phénomène connu d'ailleurs, nous a conduit à tenter au laboratoire l'épuration continue.

Nous avons construit, à cet effet, l'appareil d'expérience que voici :

Un grand flacon à tubulure inférieure nous donnait un débit convenablement réglé de 500 centimètres cubes par 24 heures. La solution ammoniacale tombait goutte à goutte dans une série de trois tubes verticaux de 1 mètre de longueur et de 0m,05 de diamètre, placés bout à bout, mais séparés les uns des autres de manière à permettre entre chacun d'eux le prélèvement d'un échantillon. La solution employée était de forte concentration : 360 milligrammes d'ammoniaque par litre.

Nitrification continue.

	AMMONIAQUE		NITRITES		NITRATES		AZOTE		
	AzH^3	AZOTE CORRESPONDANT	Az^2O^3	AZOTE CORRESPONDANT	Az^2O^5	AZOTE CORRESPONDANT	RETROUVÉ	NON RETROUVÉ	EN EXCÈS
Avant.	360	296,6	0	0	20	5,2	301,8	»	»
Après 1 mètre .	120	98,9	22	8,1	650	168,4	275,4	26,4	»
Après 2 mètres.	14	11,5	0,4	0,15	1160	300,4	312,05	»	10,25
Après 3 mètres.	0	0	0	0	1260	325,8	325,8	»	22,0

Comme dans notre première expérience nous retrouvons tout l'azote ammoniacal transformé en acide nitrique, le léger excès constaté provenant de l'évaporation de la solution.

*
* *

Ces premières expériences nous ayant montré la nitrification facile du sulfate d'ammoniaque, nous les avons renou-

velées avec d'autres sels ammoniacaux neutres avec le même résultat. Il existe des sels, comme les *carbonates*, qui se forment très facilement sous l'action de divers microbes (*micrococcus ureæ*, par exemple) et qui ont une réaction alcaline. Nous avons recherché si cette réaction alcaline était capable de nuire à la nitrification dans les lits bactériens aérobies et, dans l'affirmative, quelle était la dose nuisible.

Nous avons d'abord expérimenté l'ammoniaque pure du commerce que nous ajoutions à dose variable à l'eau ordinaire additionnée de 50 milligrammes de sulfate d'ammoniaque. Cette eau contenait 12 milligrammes de nitrates en Az^2O^5 par litre. Les solutions étaient mises en contact en même temps pendant 2 heures avec les scories dans une série de tubes de 1 mètre de haut et de 4 centimètres de diamètre. Le précipité de carbonate de chaux qui se produit par l'addition d'ammoniaque dans l'eau calcaire n'était pas séparé du liquide, car on sait que ce sel est indispensable à la nitrification.

Influence de l'ammoniaque libre sur la nitrification.

TUBES	AMMONIAQUE LIBRE AJOUTÉE PAR LITRE	ALCALINITÉ EN AzH^3 PAR LITRE	NITRATES (Az^2O^5) EN MILLIGRAMMES PAR LITRE						
			AVANT L'ADDITION D'AzH^3 1er JOUR	PENDANT L'ADDITION D'AzH^3					
				2e jour	3e jour	4e jour	5e jour	6e jour	7e jour
D	0	0	44	44	45	46	45	45	46
E	0gr05	0gr0486	45	44	76	90	90	90	100
F	0gr10	0gr0902	43	40	45	75	80	90	105
G	0gr20	0gr1735	44	41	35	26	18	22	28
H	0gr50	0gr4615	42	22	28	18	13	16	17
I	1gr00	0gr9669	43	18	22	15	11	12	12
K	2gr00	1gr9167	44	13	17	tr.	3	11	12

L'influence de l'ammoniaque sur la nitrification est très nette : d'abord favorisante lorsqu'elle est en faible proportion, l'ammoniaque devient nuisible pour de plus fortes concentrations.

Il n'en est pas de même du bicarbonate et du sesquicar-

bonate d'ammoniaque. Ces sels, même à la dose de 2 grammes par litre, se nitrifient d'une façon intensive. Cette constatation est heureuse car on ne trouve généralement dans les eaux d'égout l'ammoniaque qu'à l'état de sels, surtout de *carbonates*.

*
* *

Nitrification des composés organiques azotés. — L'*urée*, élément normal de l'urine, est très répandue dans les eaux d'égout; aussi a-t-elle été essayée en premier lieu. Une expérience effectuée dans les mêmes conditions que celle avec le sulfate d'ammoniaque nous a donné les résultats réunis dans le tableau suivant.

Nitrification de l'urée.

	URÉE		AMMONIAQUE		NITRATES		NITRITES		AZOTE	
	$CO(AzH^2)^2$	AZOTE CORRESPONDANT	AzH^3	AZOTE CORRESPONDANT	Az^2O^5	AZOTE CORRESPONDANT	Az^2O^3	AZOTE CORRESPONDANT	RETROUVÉ	NON RETROUVÉ
Avant	300	233	7,0	5,8	13,5	3,52	0	0	242,32	0
Après 1er contact	175,5	81,9	3,12	2,6	26	6,7	0,3	0,1	91,3	151,02
— 2e —	138,3	64,5	17,6	14,5	97	25,1	14,8	5,44	109,54	132,78
— 3e —	71,7	33,4	26,4	21,8	170	44,0	28,2	10,3	109,5	132,82
— 4e —	9,07	4,25	15,3	12,6	310	80,3	18,4	6,8	103,93	138,30
— 5e —	1,6	0,75	10,2	8,4	450	118,6	12,5	4,6	132,35	100,97
— 6e —	0	0	2,25	1,9	520	134,5	0,9	0,3	136,5	105,82
— 7e —	0	0	0,18	0,16	620	160,6	tr.	tr.	160,76	81,56

Malgré des expériences répétées, nous n'avons pu obtenir la transformation intégrale de l'azote de l'urée en acide nitrique. Il est vrai que, pour être nitrifiée, l'urée doit être transformée préalablement en carbonate d'ammoniaque. Cette transformation est du reste nettement indiquée par l'augmentation constante de l'ammoniaque jusqu'après le 3e contact. Ce carbonate d'ammoniaque perd facilement de l'ammoniaque au contact de l'air (probablement pendant les périodes d'aération du lit) pour se transformer en sesqui-

carbonate et même en carbonate volatil. Il faut aussi signaler l'action de l'acide nitreux sur l'urée.

$$2AzO^2H + CO(AzH^2)^2 = 3H^2O + 2Az^2 + CO^2.$$

Nous remarquons également, comme nous l'avons signalé pour le sulfate d'ammoniaque, qu'il se produit une fixation de l'urée (ou du carbonate d'ammoniaque qui en dérive) sur les scories.

Néanmoins toute l'urée est transformée soit en nitrates, soit en produits gazeux; les nitrites produits temporairement disparaissent après le 7[e] contact.

L'urée se décompose très facilement. Il en est de même de l'*acide urique* qui, par suite, donne lieu à la production de nitrates. Ainsi nous avons obtenu après 3 contacts de 2 heures :

Acide urique	100	milligrammes par litre :	Nitrates	84	milligrammes.
—	200	— —	—	200	—

Les amides comme l'*asparagine* sont plus résistantes et il faut que la solution soit très peuplée de germes; aussi n'avons-nous obtenu qu'une nitrification très faible dans les solutions artificielles. Au contraire, nous avons rapporté dans le II[e] volume de ces Recherches (page 259) que, dans les eaux de féculerie, ces composés disparaissent assez rapidement pour se transformer en nitrates.

La *peptone* en solution est un excellent milieu de culture pour les microbes; aussi pouvait-on espérer obtenir une bonne nitrification aux dépens de l'ammoniaque qu'elle peut fournir par sa décomposition.

Malgré notre désir, nous n'avons pu faire avec la peptone une expérience analogue à celles que nous avons relatées pour le sulfate d'ammoniaque et l'urée pour voir si tout l'azote de la peptone pouvait, par passages sur lits bactériens aérobies, être transformé intégralement en nitrates. En effet, cette expérience exigeant plusieurs jours, et dans l'obligation où nous nous trouvions de n'effectuer que deux contacts par jour, il s'établissait chaque nuit des fermentations putrides qui, par l'apport de nouveaux facteurs, rendaient impossible

l'étude de l'action des ferments aérobies. Ces fermentations putrides apparaissent très vite, comme on le verra dans le tableau suivant, car il se forme pendant le premier contact de l'ammoniaque, et une partie de l'ammoniaque se nitrifie. Les microbes dénitrifiants, qui trouvent dans les solutions de peptone un milieu favorable, agissent alors sans doute en décomposant une partie des nitrates formés par les ferments nitrifiants et donnent un dégagement d'azote gazeux. Quoi qu'il en soit, on constate toujours une perte en azote qui est probablement dégagé à l'état gazeux.

Nitrification de la peptone.

	PEPTONE		AMMONIAQUE AzH^3		NITRATES Az^2O^5		NITRITES Az^2O^3	
	A	B	A	B	A	B	A	B
Avant.	150	400	5,0	5,0	15	15	0	0
Lits de 1m de haut.								
Après le 1er contact. . . .	26,4	105,5	3,6	6,6	65	120	6,8	17
— 2me —	8,7	33,1	1,6	3,8	85	180	0,6	10
Lits de 0m50 de haut.								
Après le 1er contact. . . .	30,8	161,6	4,1	6,4	62	110	9,8	19
— 2me —	11,7	45,1	1,8	5,7	85	170	2,6	16
— 3me —	6,8	22,1	0,5	2,05	90	190	traces	6,5

Ce tableau montre que la transformation en ammoniaque puis en nitrates est très rapide, mais aussi qu'elle est plus rapide dans les lits de plus grande profondeur. Il est à remarquer que, contrairement à ce qui avait été observé avec les ferments nitrifiants isolés par *Winogradsky*, et comme l'ont montré *Boullanger* et *Massol* à l'Institut Pasteur de Lille, les deux actions, décomposition de la peptone en ammoniaque et nitrification de l'ammoniaque peuvent se produire côte à côte. C'est, du reste, ce qui doit se passer dans la nature, où toutes ces fermentations se produisent simultanément au sein de la terre. La molécule de peptone a donc été détruite, une partie de l'azote a servi à former l'acide nitrique, l'autre partie a été éliminée à l'état gazeux. La petite quantité de pep-

tone qui reste après ces contacts est elle-même, comme nous avons pu nous en assurer, transformée peu à peu et, après quelques jours, l'eau n'en contient plus.

*
* *

Influence du glucose sur le travail des microbes nitrifiants. — Dans un travail paru sous ce titre [1], MM. *Winogradsky* et *Oméliansky* ont donné les résultats d'expériences montrant le rôle des matières organiques dans la nitrification. Parmi les matières hydrocarbonées, ces auteurs n'ont étudié que le glucose. Ils ont cultivé les ferments nitreux et nitrique dans les milieux minéraux ou nitreux contenant du glucose. Ils ont trouvé que, dans les solutions contenant $0^{gr},5$ de ce sucre par litre, la nitrification est faiblement retardée; le retard augmente dans les solutions à 1 gramme, et dans les solutions à 2 grammes par litre l'oxydation est complètement supprimée.

Comme toutes les cultures étaient faites dans des liquides stérilisés, en ensemençant des ferments purs, soit nitreux, soit nitriques, et comme les fermentations duraient plusieurs jours, nous avons pensé qu'il serait intéressant de répéter ces expériences avec des milieux où la flore microbienne est très variée, comme cela existe dans les lits bactériens aérobies.

Pour cela, nous avons établi par de nombreux contacts avec des solutions de sulfate d'ammoniaque de concentration toujours identique, une nitrification constante dans une série de 7 tubes de verre de 1 mètre de long sur 4 à 5 centimètres de diamètre, remplis de scories. La quantité de nitrates, après chaque contact, était de 41 à 44 milligrammes par litre, ne variant que de 2 à 3 milligrammes. Nous avons fait alors passer sur ces lits des solutions contenant la même quantité de sulfate d'ammoniaque et des quantités croissantes de glucose. Puis, nous sommes revenus à la solution ne contenant que du sulfate d'ammoniaque. Cette dernière solution, faite avec l'eau de distribution de Lille, contenait 20 milligrammes d'ammoniaque et 11 milligrammes de nitrates (en Az^2O^5 par litre) pour 100.

(1) *Archives des sciences biologiques de St-Pétersbourg.* 1899.

Le tableau ci-dessous donne en milligrammes la quantité de nitrates (en Az^2O^5) par litre après chaque contact de 2 heures sur les lits bactériens aérobies. Il n'a été fait qu'un seul contact par jour.

Influence du glucose sur le travail des microbes nitrifiants. Résultats en milligrammes par litre.

TUBES	SOLUTION	SANS GLUCOSE	AVEC GLUCOSE					SANS GLUCOSE		
		1er jour	2e jour	3e jour	4e jour	5e jour	6e jour	7e jour	8e jour	9e jour
A	Ammoniacale	42	43	44	42	43	43	43	43	44
B	— 0gr01 glucose par lit.	43	43	44	43	42	44	43	44	43
C	— 0gr,05 — —	41	39	38	36	36	37	38	42	40
D	— 0gr,10 — —	42	34	31	30	26	28	31	40	41
E	— 0gr,20 — —	41	31	28	27	22	23	31	40	41
F	— 0gr,50 — —	43	23	16	11	11	11	24	36	39
G	— 1gr,00 — —	42	16	11	6	6	6	17	30	32

On voit très nettement l'influence du glucose sur la nitrification, et d'une façon plus manifeste que dans les expériences de MM. *Winogradsky* et *Oméliansky*. A la dose de 0gr,05 par litre, le glucose entrave déjà la nitrification, et cette action devient de plus en plus évidente à mesure que la proportion de sucre augmente. Pour les solutions contenant 0gr,5 de glucose par litre, il semble n'y avoir aucune nitrification, et pour celle à 1 gramme il y a *dénitrification*.

Pour étudier la question d'un peu plus près, nous avons établi le tableau donnant pendant cette série d'expériences les quantités d'ammoniaque, d'azote nitreux (1) et nitrique trouvés dans les effluents des tubes F et G ayant contenu les solutions à 0gr,5 et 1 gramme de glucose par litre.

Les résultats indiqués dans le tableau suivant montrent que les choses ne se passent pas aussi simplement que nous le disions plus haut. En effet, si nous considérons l'effluent du tube F, nous voyons bien que la quantité de nitrates est

(1) Nous avons noté 0 de nitrites lorsqu'ils n'étaient pas décelables par la métaphénylène-diamine, mais il y en a toujours des traces après la nitrification (réactif de Tromsdof).

restée la même, mais il y a formation d'une quantité de nitrites très appréciable, 2mgr4 le sixième jour; de plus, la quantité d'ammoniaque a diminué. Il en est de même dans l'effluent du tube G le troisième jour; mais, à partir du quatrième jour, il ne peut plus être constaté qu'une *dénitrification* seule, toujours accompagnée d'une perte d'ammoniaque.

Résultats en milligrammes par litre.

	AMMONIAQUE en AzH^3		NITRATES en Az^2O^5		NITRITES en Az^2O^3	
	F	G	F	G	F	G
Liquide ammoniacal avant contact	20,0	20.0	11	11	0	0
1er jour — après sans glucose.	9,9	9,8	43	42	0	0
2e — — — avec glucose.	11.0	12.1	23	16	0,2	0,6
3e — — — —	12,3	12,8	16	11	0,6	0,9
4e — — — —	13,0	13,2	11	6	0.9	1,2
5e — — — —	13,3	13,8	11	6	1,2	1,8
6e — — — —	15,0	15.2	11	6	2,4	2,8
7e — — — sans glucose.	14,8	13,0	24	17	trace	trace
8e — — — —	14.4	14,5	36	30	trace	trace
9e — — — —	12,0	12,1	39	32	0	0

L'explication de ces transformations peut être tirée des travaux de MM. *Winogradsky* et *Omélianskу*, dont nous avons parlé et de ceux de M. *Dehérain* (1).

Les premiers nous ont montré que la nitrification était gênée par le glucose qui agit comme un antiseptique, mais, aux doses employées dans leurs expériences, sans tuer les ferments, car nous les voyons reparaître aussitôt que l'on supprime la cause perturbatrice.

Avec M. *Dehérain* nous voyons que les *ferments dénitrifiants*, dégageant l'azote des nitrates à l'état gazeux, sont favorisés dans leur développement par les hydrates de carbone (surtout l'amidon). C'est ce qui fait que les ferments semblent s'être développés seuls dans le tube G.

Il y a donc ici une concurrence vitale. Deux sortes d'organismes se trouvent en présence : les ferments *nitrifiants*,

(1) Dehérain, *Annales agronomiques*, 1897, page 49.

transformant presque intégralement l'ammoniaque en acide nitrique, sont peu à peu gênés dans leur action par le glucose ; ce dernier favorise, au contraire, de plus en plus l'action des ferments *dénitrifiants*. Pour le tube F ces deux actions semblent se neutraliser, c'est-à-dire que les ferments dénitrifiants décomposent, au fur et à mesure de leur production, les nitrates formés par les ferments nitrifiants : c'est ce qui explique cette perte de 5 milligrammes d'ammoniaque et cette formation de $2^{mgr},4$ d'azote nitreux au 6e jour. Pour le tube G, il en est de même le 3e jour; mais à partir du 4e jour l'action des microbes dénitrifiants est prépondérante et ils s'attaquent même aux nitrates préexistant dans la solution. Néanmoins, il y a aussi une perte d'ammoniaque et, de plus, les ferments nitrifiants ne sont pas tués, puisque dès que l'on revient aux solutions ne contenant plus que du sulfate d'ammoniaque, l'oxydation reprend aussitôt.

On peut donc dire avec M. *Dehérain* que ces deux sortes de ferments peuvent très bien vivre côte à côte, et que les ferments dénitrifiants ne deviennent dangereux que si la matière hydrocarbonée est en grande quantité. Aussi, dans l'épuration des eaux résiduaires qui renferment des matières hydrocarbonées en plus ou moins grande abondance, comme dans les eaux de sucreries, il ne faudra jamais s'attendre à une nitrification intégrale de l'ammoniaque contenu dans ces eaux, résultat que nous avons obtenu avec des solutions ne contenant pas de matières organiques ; suivant les cas, on obtiendra la nitrification d'une partie plus ou moins grande de l'ammoniaque ou une disparition de l'azote.

Influence de l'acidité sur la nitrification. — L'action nuisible de l'acidité du milieu sur la nitrification a déjà été démontrée, et *Ewel* et *Wiley* [1] ont établi que la nitrification s'arrête lorsque l'acidité correspond à 3 à 4 centimètres cubes de solution normale de soude.

Nous avons obtenu des chiffres un peu plus élevés dans nos lits de scories et nous avons vu que la nitrification se produit encore dans des solutions contenant $0^{gr},5$ d'acide sulfurique

[1]. Compte rendu dans *Annales agronomiques*, 1897.

par litre ; il est vrai de dire qu'une partie de l'acide était saturée par les scories, de sorte qu'il n'en restait plus que $0^{gr},34$ après contact. Au delà de cette dose la nitrification était arrêtée.

Influence de l'alcalinité sur la nitrification. — L'alcalinité a une action tout autre : d'abord indifférente, elle favorise ensuite la nitrification pour l'entraver enfin aux doses plus élevées.

Nous avons, dans notre série de tubes, ajouté à des solutions identiques de sulfate d'ammoniaque des doses croissantes de carbonate de soude.

Nous avons dosé l'alcalinité dans l'eau avant et après contact par la méthode ordinaire employée dans l'analyse des eaux potables. Dans le tableau suivant, l'alcalinité est représentée en carbonate de chaux et l'acide nitrique en Az^2O^5, le tout en milligrammes par litre :

	ALCALINITÉ		
	Avant contact.	Après contact.	NITRATES
Solution sans carbonate de soude.	»	»	50
— avec —	360	290	55
— — —	450	310	65
— — —	650	500	75
— — —	870	660	80
— — —	925	716	83
— — —	1310	1158	75
— — —	1732	1568	72
— — —	2147	2022	25
— — —	2618	2596	25

Il semble donc que les eaux ayant une alcalinité voisine de 900 donnent les meilleurs résultats, puis lorsque l'alcalinité double, la nitrification est arrêtée.

Nous devons aussi signaler la perte constante en alcalinité tant que celle-ci n'est pas trop grande. Nous l'avions déjà remarquée dans nos nombreuses analyses d'eaux d'égout épurées par les procédés biologiques, et cela n'est pas pour nous surprendre, car il est indispensable que l'acide nitrique formé puisse être saturé aussitôt par une base qu'il trouve ici en combinaison à l'état de carbonate facilement décomposable par cet acide.

Nous pouvons donc retenir de ces expériences que l'alcalinité, aux doses où on la rencontre dans les eaux d'égout, n'est nullement nuisible; au contraire, elle exerce une influence favorable.

Influence des sulfures. — L'hydrogène sulfuré et les sulfures sont des produits constants de la décomposition des matières protéiques; il s'en forme aussi par décomposition des sulfates par certaines bactéries.

Pendant le séjour en fosse septique, les sulfures apparaissent toujours en plus ou moins grandes quantités suivant la pollution des eaux d'égout et suivant la durée de ce séjour. Après passage sur les lits bactériens fonctionnant normalement, ces sulfures disparaissent; ils se transforment en sulfates comme nous allons le voir.

Nous avons recherché, par la méthode que nous avons exposée déjà à plusieurs reprises, si les sulfures exercent une action sur la nitrification.

	SULFURES			
	Avant contact.	Après contact.	NITRATES	ACIDE SULFURIQUE
Solution de sulfate d'ammoniaque.	0	0	60	127
—	10	1	55	»
—	20	1	52	»
—	50	7	55	304
—	90	20	55	424
—	200	31	50	695
—	500	340	32	317

Les sulfures sont exprimés en H^2S, les nitrates en Az^2O^5 et l'acide sulfurique en SO^4H^2.

Nous voyons que, jusqu'à 200 milligrammes par litre, les sulfures ne nuisent pas à la nitrification; à 500 milligrammes, la nitrification est arrêtée, car l'eau qui servait aux solutions contenait 30 milligrammes de nitrates.

Ces résultats montrent très nettement l'oxydation des sulfures en sulfates et on peut attribuer cette oxydation à une action microbienne, si on remarque qu'elle diminue en même temps que la nitrification. Nous n'avons pas fait d'expériences pour établir plus nettement cette action.

Influence des antiseptiques. — Nous n'avons étudié que quelques antiseptiques et nous avons choisi ceux qui peuvent passer intacts dans la fosse septique. Cela nous a fait rejeter les sels métalliques comme le bichlorure de mercure qui se combinent à l'hydrogène sulfuré pour donner des sulfures insolubles.

L'*acide phénique* est un des antiseptiques les plus employés. Il a peu d'action sur la nitrification, il faut une dose supérieure à 2 grammes par litre pour qu'il commence à l'entraver.

Le *lysol*, solution alcaline de phénols, est souvent utilisé en raison de l'action dissolvante de l'alcali qu'il contient sur les mucosités, ce qui permet à cet antiseptique d'agir sur les microbes infectieux. Jusqu'à la dose de 0gr,50 par litre, la nitrification s'effectue normalement. A la dose de 0gr,75 la nitrification se ralentit d'abord, puis cesse.

Les *fluorures* sont employés dans les industries de fermentation pour mettre les moûts à l'abri des fermentations nuisibles. Nous avons été incités à étudier l'action de ces composés sur la nitrification à propos de nos essais d'épuration biologique de vinasses de distillerie de betteraves, car les vinasses avec lesquelles nous avons expérimenté contenaient des fluorures.

La dose d'acide fluorhydrique employée dans l'industrie est de 4 grammes par hectolitre, soit 0gr,04 par litre. Il ne faut pas oublier que, en distillerie, l'action antiseptique de l'acide fluorhydrique est renforcée par ce fait que les moûts sont toujours plus ou moins acides; le contraire doit avoir lieu pour l'épuration biologique qui ne peut, nous l'avons vu, s'effectuer convenablement qu'en milieu neutre ou mieux alcalin.

Les petites quantités de fluorure se sont montrées favorables à la nitrification et c'est la dose de 0gr,150 par litre qui a constamment donné les meilleurs résultats. La nitrification reste constante jusqu'à la dose de 0gr,480 par litre; mais à celle de 0gr,600 l'action antiseptique devient manifeste.

Influence du sulfocyanate de potassium. — On sait que les sulfocyanates sont des produits constants des eaux de lavage de gaz d'éclairage et peuvent se rencontrer dans les eaux d'égout. Il était intéressant de voir, non seulement si ces com-

posés avaient une influence sur la nitrification, mais aussi s'ils se décomposaient comme on l'avait annoncé.

Nous donnons les moyennes d'un certain nombre de contacts dans nos lits de scories au laboratoire.

	SULFOCYANATES EN CAzH		
	Avant contact.	Après contact.	NITRATES.
Eau de distribution	»	»	27
Solution de sulfate d'ammoniaque.	»	»	61
— —	22	20	55
— —	44	40	55
— —	100	100	42
— —	200	200	29

Nous voyons que les sulfocyanates peuvent entraver la nitrification. Mais nous constatons aussi qu'ils échappent à toute oxydation dans les lits bactériens aérobies.

Conclusions. — De ces expériences nous pouvons tirer un certain nombre d'indications pour la pratique de l'épuration biologique des eaux d'égout :

1° Les sels ammoniacaux, même ceux ayant une réaction alcaline, peuvent être nitrifiés intégralement dans les lits bactériens. L'ammoniaque libre, en proportion assez forte, gêne la nitrification.

2° La plupart des composés organiques azotés et surtout ceux qui dérivent, soit d'une digestion diastasique seule, soit d'une décomposition microbienne, peuvent fournir des nitrates par l'action des ferments nitrifiants. Cependant, certains de ces composés étant très nutritifs, les ferments dénitrifiants y pullulent facilement et détruisent le travail des ferments nitrifiants : il en résulte un dégagement d'azote.

3° La décomposition des matières organiques azotées peut se produire simultanément avec la nitrification; les deux fermentations semblent ne pas se gêner.

4° Le phénomène que nous avons signalé au paragraphe 2 se produit aussi avec le glucose. Pour une eau très chargée en matières hydrocarbonées, le séjour dans les lits bactériens aérobies peut faire disparaître l'azote sans formation d'ac de nitrique. Les eaux d'égout étant de composition très complexe,

il n'y a donc pas lieu d'attacher une trop grande importance à la formation de quantités notables de nitrates : il est préférable de se contenter de voir si l'azote ammoniacal et surtout l'azote organique ont disparu.

5° L'acidité même faible est nuisible à la nitrification.

6° L'alcalinité, même assez forte, ne nuit pas à la nitrification; au contraire, lorsqu'elle est faible, elle lui est favorable.

7° Les sulfures n'ont une action nuisible sur la nitrification que si leur proportion est assez forte. Ces sulfures sont facilement oxydés pendant le séjour dans les lits bactériens aérobies.

8° Les antiseptiques (acide phénique, lysol, acide fluorhydrique) n'empêchent la nitrification que s'ils se trouvent dans les eaux en proportion élevée.

9° Les sulfocyanates ne sont pas décomposés par les actions microbiennes des lits bactériens aérobies.

CHAPITRE X

NOUVEAUX LITS BACTÉRIENS DE *DIBDIN*, EN ARDOISES (*SLATE BEDS*)

Les matériaux employés pour le remplissage des lits bactériens de contact (coke, scories, etc...) réduisent toujours considérablement — environ des deux tiers — la capacité volumétrique utile de ces lits, puisque l'eau ne peut pénétrer que

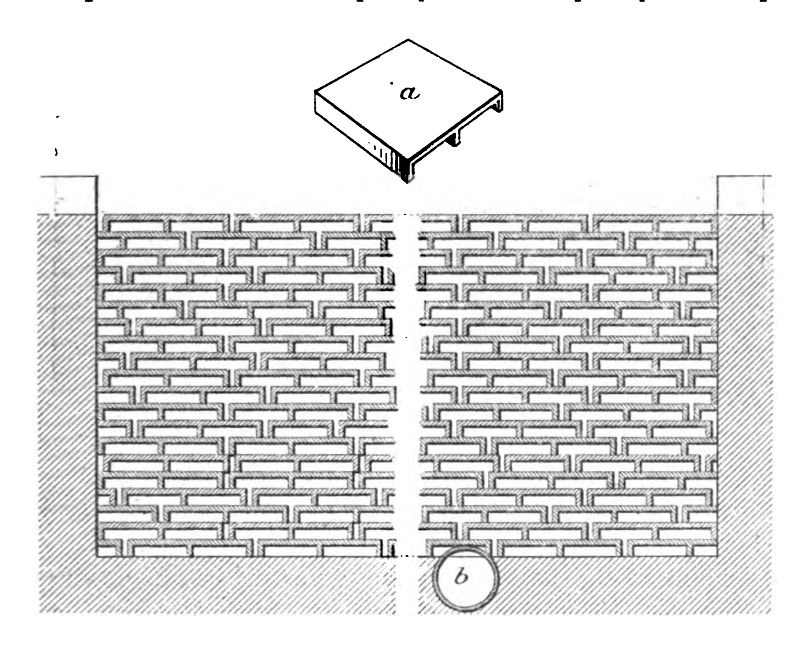


Fig. 2. — Lit bactérien de contact, d'après Dibdin, en tuiles plates (tiles bed).

dans les pores et dans les interstices que laissent entre eux les fragments.

Cette considération a conduit *W. J. Dibdin* [1] à remplacer

[1] *Recents improvements in methods for the biological Treatment of sewage* Londres, 1907.

les matériaux usuels par des plaques d'ardoise de $0^m,30$ à $0^m,90$ carrés de surface, sur $0^m,08$ environ d'épaisseur, posées à plat et séparées les unes des autres par de petits fragments de la même substance; ou bien, à défaut d'ardoises, par des tuiles spéciales rectangulaires, munies de talons (*fig.* 2).

Avec un arrangement convenable de ces tuiles ou de ces ardoises, on réussit à construire des lits de contact dont la



Fig. 3. — Lit bactérien en ardoises, de *Dibdin*, à *Devizes* (*slate bed*).

capacité utile occupée par l'eau peut s'élever à 87 pour 100 de leur capacité géométrique.

Pendant dix-huit mois consécutifs, à partir de septembre 1905, *Dibdin* a expérimenté un de ces lits à *Devizes* (*fig.* 3 et 4) en y admettant de l'eau d'égout brute, non criblée et non fermentée préalablement en fosse septique.

Le même dispositif a été appliqué sur une plus grande échelle à *Trowbridge*, puis à *High Wicombe* et à *Malden* (Surrey) (*fig.* 5).

Les résultats obtenus ont été très satisfaisants.

A *Trowbridge* on étudia comparativement la marche de

l'épuration d'un effluent de fosse septique sur les lits formés d'ardoise, de calcaire concassé, de briques et de scories. Le pourcentage de l'épuration avec un seul contact sur les différents matériaux fut :

Ardoises	52 0/0
Calcaire concassé	47 0/0
Briques	35 0/0
Scories	45 0/0

A *High Wicombe*, les expériences conduisirent le Comité des travaux publics à adopter les lits d'ardoises comme lits de

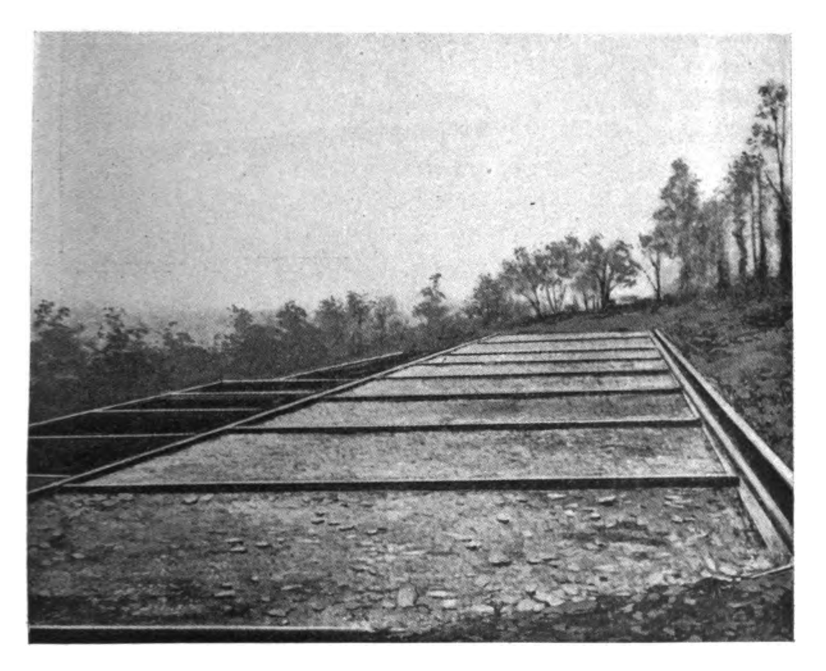


Fig. 4. — Vue générale des lits bactériens en ardoise, de *Dibdin*, à *Devizes*.

contact primaires en supprimant la fermentation préalable en fosse septique et en remplaçant celle-ci par une simple décantation. On constata en effet que les matières en suspension sont très bien retenues par les ardoises et qu'il est facile de nettoyer celles-ci, lorsqu'elles en sont trop encombrées, à l'aide d'un simple courant d'eau, sans qu'il en résulte, comme avec les scories, une perte importante de matériel qu'il faut remplacer.

L'effluent de ces lits de contact primaires en ardoise est alors très apte à se purifier, soit par irrigation sur le sol, soit par des lits bactériens à percolation.

L'idée que *Dibdin* a mise en pratique est évidemment excellente en ce sens que, lorsqu'on a affaire à une eau d'égout peu concentrée et bien décantée, il est possible, avec un lit de contact en ardoises, de supprimer la fosse septique, par con-



Fig. 5. — Construction d'un lit d'ardoises à *Malden* (Surrey).

séquent les fermentations putrides et les odeurs qu'elles répandent. On a, en outre, l'avantage de disposer ainsi d'un matériel presque inusable, facile à nettoyer et à remettre en place. Mais ce système ingénieux présente l'inconvénient de nécessiter des dépenses énormes comme frais de première installation, alors même qu'on tient compte de l'augmentation de capacité des lits, qui est à peu près doublée. Aussi pensons-nous que, pour les lits de contact, les scories, choisies *aussi dures que possible*, — celles des hauts fourneaux par exemple, — seront toujours préférables.

CHAPITRE XI

LITS BACTÉRIENS A TOURBE

Dans une communication à l'Académie des Sciences (¹) MM. *A. Müntz* et *E. Lainé* indiquaient récemment que la tourbe, résidu de la décomposition des végétaux au sein de l'eau, formait un support très favorable à l'activité des microbes nitrifiants.

Des tourbes, à des états de décomposition différente (tourbe mousseuse de Hollande, employée comme litière, tourbes spongieuses de surface ou tourbes compactes de fond, prises dans les tourbières de l'Yonne et de la Somme), avaient été expérimentées par ces savants. Divisées en fragments, mélangées de calcaire et ensemencées d'organismes vivaces, puis additionnées de sulfate d'ammoniaque, elles devenaient le siège d'une nitrification extraordinairement active, dépassant de beaucoup celle que peuvent fournir les terres riches en matières organiques.

Cette intensité dans les phénomènes d'oxydation suggéra à MM. *Müntz* et *Lainé* l'idée que la tourbe pouvait être également utilisée pour l'épuration des eaux d'égout.

En 1896, le Dr *Franck*, de *Wiesbaden* (²), avait déjà publié une étude sur le même sujet. Il avait construit des filtres d'expériences composés de 0^m^,10 de gros gravier, de 0^m^,10 de gravier fin et de 0^m^,10 de tourbe broyée sous l'eau. Mais au lieu de distribuer l'eau par intermittences à la surface de ces filtres, comme le font MM. *Müntz* et *Lainé*, il laissait celle-ci en charge continue sur le support sous une épaisseur de 0^m^,60. Il en résulta un colmatage rapide nécessitant des remanie-

(¹) Comptes rendus, 5 juin 1906.
(²) *Hygienische Rundschau*, 1896, n° 8, et *Gesundheits Ingenieur*, 1906, n°s 21 et 22.

ments fréquents de la tourbe et qui détermina à abandonner les essais.

Nous les avons repris à la Station expérimentale de la Madeleine et nous avons construit, à cet effet, un lit bactérien de 14 mètres carrés de surface disposé comme suit :

Sur une sole bétonnée, on a posé une couche de grosses scories de 10 centimètres, puis des scories tout venant bien criblées, sur $0^m,40$. Sur celles-ci fut étendue une couche de 10 centimètres de tourbe mousseuse de Hollande, préalablement bien divisée, puis une nouvelle couche de 40 centimètres de scories tout venant, débarrassées de poussières, une autre couche de 10 centimètres de tourbe et enfin une dernière couche de mâchefer de 10 centimètres, destinée à préserver la tourbe contre le colmatage de surface.

Le lit avait donc, au total, $1^m,20$ de hauteur. L'eau y fut distribuée par une série de gouttières longitudinales en bois, en forme de V portant une fente à leur angle, tous les 20 centimètres. Ces gouttières étaient alimentées par intermittence environ 4 fois par heure à l'aide d'une nochère commune et d'un siphon *Parenty*.

La comparaison entre les résultats obtenus avec ce lit à tourbe et notre grand lit percolateur de 400 mètres carrés était rendue aussi exacte que possible, l'eau distribuée aux deux appareils étant la même et en même volume proportionnellement à la surface.

La mise en service commença en avril 1907 et on fit en mai et en juin deux séries d'analyses parallèles, pendant 6 jours chaque fois, du 6 au 11 mai et du 17 au 22 juin.

Au début, les eaux épurées par l'un et par l'autre lit présentèrent des caractères chimiques très voisins. Pourtant l'effluent du lit à tourbe était de couleur plus jaune que celui du grand lit à scories seules : l'épreuve de l'oxydabilité au permanganate montrait d'ailleurs qu'il y avait entraînement d'une partie des matières organiques provenant de la tourbe.

Au bout d'un mois, on constatait déjà qu'entre deux périodes de déversement intermittent l'eau s'infiltrait difficilement dans le lit à tourbe. Cette dernière se colmatait malgré la protection des scories dont on avait pris soin de la recouvrir, et l'eau non épurée cherchait latéralement une

issue à travers les parois du lit, comme le font les eaux souterraines retenues par une couche imperméable.

Des communications ne tardèrent pas à s'établir entre la surface et le fond par les bords du lit, de sorte qu'une portion plus ou moins grande d'eau non épurée parvenait au drainage sans subir d'oxydation.

Le tableau ci-après résume les résultats moyens de nos analyses pour les deux périodes indiquées plus haut.

Influence de la tourbe sur l'épuration des eaux d'égout par lits bactériens percolateurs.

1907	OXYGÈNE ABSORBÉ EN 3 MINUTES			OXYDABILITÉ EN OXYGÈNE		AZOTE		Nitrates	Nitrites	APRÈS INCUBATION		
	Avant incubation	Après incubation	En 4 heures	Solution acide	Solution alcaline	Ammoniacal	Organique			Ammoniaque	Nitrates	Nitrites
6 au 11 mai												
Scories et tourbe.	3,4	2,3	7,1	17,0	13,8	0,4	3,4	46,2	1,9	0,	30,5	3,3
Scories seules.	1,8	1,5	4,5	9,9	8,7	0,7	2,3	48.8	0,9	0,3	46,8	2,8
17 au 22 juin												
Scories et tourbe	2,2	2,1	7,2	14,3	12,9	1,1	4,8	34.5	1.2	1.0	30.5	1,7
Scories seules.	1,6	1,8	5,3	10,7	9,5	0,4	4,8	35,8	0,4	tr.	40,3	0,7

D'après ces expériences, que nous poursuivons d'ailleurs en modifiant leurs conditions, il paraît résulter que, si la tourbe est, comme l'ont montré *MM. Müntz* et *Lainé*, un milieu très favorable à la multiplication des microbes nitrificateurs, lorsqu'il s'agit de faire nitrifier à ces derniers du sulfate d'ammoniaque en vue de l'obtention de solutions riches en nitrates, ou des eaux d'égout pauvres en matières colloïdales, elle ne peut pas être employée comme support bactérien dans les lits destinés à l'épuration de toutes les eaux d'égout. Du moins celles de la Madeleine contiennent trop de matières colloïdales retenues par la tourbe qui ne tarde pas à se colmater et à devenir imperméable. La facilité même avec laquelle elle

favorise le développement des microbes augmente son imperméabilité en la transformant en une véritable membrane dialysante : l'épaississement rapide de celle-ci empêche l'accès de l'air d'abord, puis celui de l'eau aux couches de scories sous-jacentes.

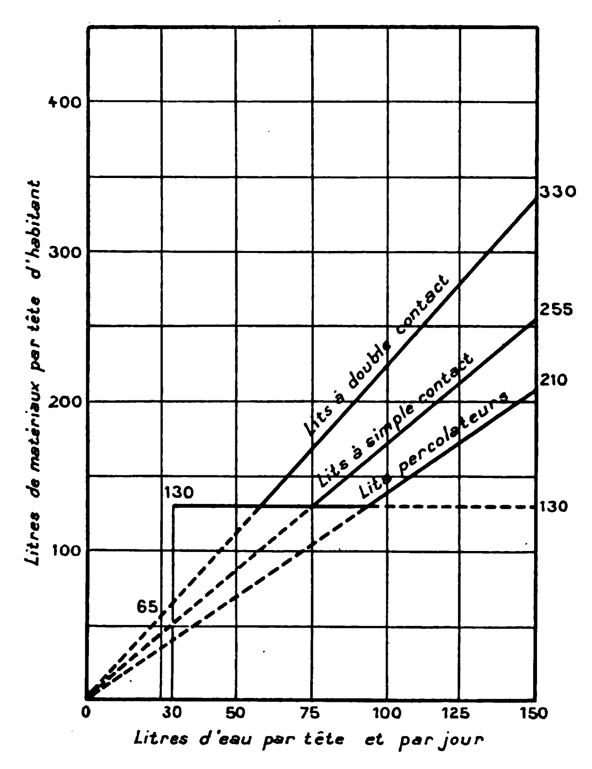
Pour que la tourbe puisse être utilisée avec avantage, nous pensons qu'il faudrait éviter de la placer en couches horizontales continues, et en mélanger seulement une petite proportion aux matériaux de construction des lits avant la mise en place de ces matériaux. Ainsi disséminée, elle favoriserait vraisemblablement la multiplication des microbes nitrificateurs sous forme de *colonies d'entretien*, sans gêner sensiblement la perméabilité de la masse filtrante. Nos recherches actuelles sont orientées dans cette direction [1].

[1] Au moment où nous achevons la correction des épreuves de ce volume, *MM. Müntz* et *Lainé* font connaitre, dans une nouvelle communication à l'Académie des Sciences (13 janvier 1908), les résultats de leurs essais d'épuration des eaux d'égout de Paris avec des fragments de tourbe de la Somme dont l'acidité a été saturée par du carbonate de chaux. Ces résultats, très intéressants, montrent que, dans les conditions précisées par ces savants, la tourbe peut constituer un excellent matériel pour la construction de lits bactériens percolateurs à grand débit.

CHAPITRE XII

QUANTITÉS DE MATÉRIAUX NÉCESSAIRES POUR L'ÉTABLISSEMENT DES LITS BACTÉRIENS DE CONTACT OU PERCOLATEURS

Le graphique n° 12 indique, d'après *Imhoff* (1), la quantité de matériaux nécessaires, évalués en litres par tête d'habitant,



Graphique n° 12. — Quantités de matériaux (en litres par tête d'habitant) suivant la quantité d'eau consommée par tête et par jour. (D'après Imhoff.)

suivant le nombre d'habitants et suivant la quantité d'eau consommée par habitant et par jour. Les lignes obliques cor-

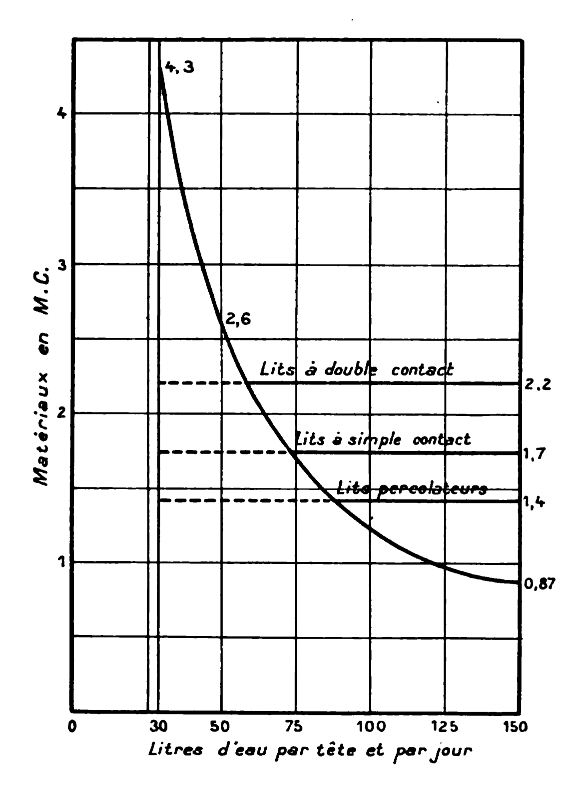
(1) *Die biologische Abwässer-Reinigung in Deutschland*, Berlin 1906.

respondent à l'évaluation des matériaux d'après la quantité d'eau consommée par habitant et par jour. La ligne horizontale correspond à l'évaluation des matériaux par tête. Cette quantité doit être au moins de 130 litres par habitant. On voit que, pour les consommations d'eau comprises entre 60 et 90 litres par tête et par jour, il n'y a pas de très grandes différences entre les deux modes d'évaluation, mais, au-dessous et au-dessus de ces chiffres, les différences deviennent sensibles. Par exemple, pour une consommation de 30 litres par tête et par jour, il faudrait, par le procédé par double contact, 65 litres de matériaux par tête en évaluant les matériaux d'après la quantité d'eau consommée, et 130 litres par tête en les évaluant par tête d'habitant. Pour une consommation en eau de 150 litres par tête, il faudrait au contraire, pour le procédé par double contact, 130 litres de matériaux par tête en évaluant ces matériaux par tête d'habitant et 330 litres en les évaluant d'après la quantité d'eau consommée.

Le graphique n° 13 indique la quantité de matériaux en mètres cubes par habitant et par mètre cube d'eau traitée. Ici les lignes horizontales représentent l'évaluation des matériaux en mètres cubes par mètre cube d'eau : il faut toujours compter au moins $2^{mc},2$ de matériaux par mètre cube d'eau avec les procédés par double contact, $1^{mc},7$ avec les procédés par simple contact, $1^{mc},4$ avec les procédés à percolation. La courbe représente l'évaluation des matériaux en mètres cubes par tête d'habitant, suivant la consommation journalière. On voit aussi que, pour les consommations d'eau comprises entre 60 et 90 litres par tête et par jour, il n'y a pas de très grandes différences entre les deux modes d'évaluation. Mais, au-dessus et au-dessous, les différences deviennent considérables. Par exemple, pour une consommation en eau de 30 litres par tête et par jour il faut, avec le procédé par double contact, $2^{mc},2$ de matériaux par mètre cube d'eau traitée, ou $4^{mc},3$ si l'évaluation est faite par tête d'habitant. De même, pour une consommation de 150 litres, il faut $2^{mc},2$ de matériaux par mètre cube d'eau traitée, et $0^{mc},87$ si l'évaluation est faite par tête d'habitant.

Pratiquement, on emploiera pour les lits à percolation l'évaluation par tête d'habitant pour les consommations comprises

entre 30 et 90 litres, et l'évaluation d'après la quantité d'eau consommée par jour pour les consommations supérieures à 90 litres. On comptera de même par tête d'habitant avec les lits à simple contact pour les consommations comprises entre



Graphique n° 13. — Quantités de matériaux en mètres cubes par mètre cube d'eau d'égout à traiter par jour suivant la consommation journalière. (D'après Imhoff.)

30 et 80 litres; avec les lits à double contact, pour les consommations comprises entre 30 et 60 litres. On comptera au contraire d'après la quantité d'eau consommée par jour pour les chiffres supérieurs à 80 litres avec les procédés à simple contact, et à 60 litres avec les procédés à double contact.

D'après les calculs que nous avons effectués nous-mêmes, ces évaluations dressées par *Imhoff* doivent être considérées comme représentant des moyennes généralement exactes.

CHAPITRE XIII

DÉCANTATION ET DÉSINFECTION DE L'EAU ÉPURÉE AU SORTIR DES LITS BACTÉRIENS PERCOLATEURS

1° Décantation de l'eau épurée. — Dans l'effluent des lits bactériens percolateurs, on constate toujours l'existence de particules en suspension plus ou moins colorées et qui sont constituées par des zooglées de microbes et par des parcelles d'humus ou de fins précipités d'oxyde de fer. Ces matières donnent à l'eau un aspect légèrement louche et, bien que leur présence ne soit aucunement l'indice d'un mauvais fonctionnement des lits, — tout au contraire, — on peut dans certains cas trouver préférable de les séparer, s'il s'agit par exemple de rejeter l'effluent dans un cours d'eau très limpide et à faible débit.

Pour y parvenir, nous avons proposé et expérimenté l'emploi d'un filtre à sable de faible épaisseur; mais c'est un moyen coûteux parce qu'il nécessite beaucoup de main-d'œuvre pour l'entretien de la surface du filtre en bon état de perméabilité, et aussi parce qu'il exige une étendue de terrain au moins égale à celle occupée par les lits bactériens eux-mêmes.

John D. Watson, à *Birmingham*, a obtenu des résultats presque aussi satisfaisants dans des conditions beaucoup plus économiques : il dispose tout simplement, sur le trajet du canal qui collecte l'effluent des divers lits bactériens, un ou plusieurs bassins en forme de pyramide renversée à base rectangulaire. Les eaux s'y déversent sans remous en large nappe sur l'un des bords, cheminent dans le bassin à une vitesse telle que chaque molécule de liquide met environ 30 minutes à le traverser, et ressortent également en large nappe par le bord opposé.

Les particules en suspension se déposent dans une cuvette au fond de la pyramide. Elles peuvent en être expulsées de

temps en temps par la simple pression du liquide sus-jacent au moyen d'une valve et d'un tuyau qui permet de les déverser, soit sur le sol voisin, soit dans une tranchée, soit dans des wagonnets. Ces boues, complètement inodores et inoffensives, représentent d'ailleurs un volume presque insignifian et le coût de leur séparation, à *Birmingham*, n'atteint pas 1 centime pour 20 000 mètres cubes.

Ces bassins de décantation pour l'eau épurée ou *separators* présentent en outre l'avantage de faciliter l'achèvement du processus d'épuration avant le rejet de l'effluent à la rivière. Il est donc recommandable, au moins pour les grandes installations urbaines, d'en prévoir un ou plusieurs d'une capacité totale correspondant au quarantième environ du volume d'eau d'égout épurée en 24 heures.

2° **Désinfection de l'eau épurée**. — Nous avons vu précédemment (vol. II, p. 35) que les eaux épurées, soit par lits de contact, soit par lits percolateurs, renferment toujours un nombre de germes microbiens relativement considérable (de 800 000 à 3 000 000). L'immense majorité de ces germes est constituée par des espèces qui jouent un rôle utile dans la minéralisation de la matière organique. Il ne saurait donc être question de chercher à les supprimer, car, si les lits bactériens en étaient privés, leur fonction épuratrice serait abolie.

Mais comme, parmi ces germes, quelques espèces pathogènes peuvent survivre, traverser les matériaux poreux du lit et se retrouver dans l'effluent, il y a des circonstances où il devient nécessaire d'assurer leur destruction avant le rejet de cet effluent dans un cours d'eau.

Tel est le cas, par exemple, où l'on serait obligé de déverser des eaux biologiquement épurées dans une rivière, en amont d'une prise d'eau servant à l'alimentation d'une ville, ou dans la mer au voisinage de parcs à huîtres.

Il faut alors faire en sorte que l'effluent final soit *désinfecté* et rendu complètement *inoffensif*.

On peut atteindre ce résultat sans grands frais en aménageant, après le bassin de décantation dont nous avons parlé ci-dessus, un second bassin plus vaste, permettant de retenir les eaux épurées pendant environ deux heures et de mélanger à celles-ci, à leur entrée dans ce second bassin, une substance

énergiquement bactéricide à une dose qui ne soit pas susceptible d'intoxiquer ensuite les êtres vivants supérieurs.

L'antiseptique de choix est celui qui, après avoir produit ses effets, se décompose et disparaît sans laisser de traces dans l'effluent.

Les moins coûteux et les plus efficaces sont le chlorure de chaux que nous avons plus particulièrement étudié et le permanganate de soude ou de chaux, indiqué par *Bordas*.

Le mélange doit être fait dès l'entrée dans le bassin, de telle sorte que l'eau soit parfaitement mélangée au réactif.

La dose de permanganate de soude ou de chaux à employer, d'après *Bordas*, est de 0gr,50 par mètre cube.

Rideal, puis *Phelps et Carpenter* (1) ont établi que de très petites quantités de chlore seul sont capables de rendre un effluent pratiquement stérile.

Nous avons fait quelques essais de stérilisation sur l'effluent de notre lit à percolation de la Madeleine. Nous avons employé des solutions de chlorure de chaux du commerce que nous avons filtrées et dans lesquelles nous avons dosé le chlore actif. Les chiffres que nous donnons ci-après indiquent les quantités de chlore.

	PAR CENTIMÈTRE CUBE	
	Nombre de colonies microbiennes.	Nombre de colonies liquéfiantes.
Effluent du lit à percolation.	105 000	8 000
Chlore 3 milligr. par litre. .	70	120
— 6 — — . .	70	40
Permanganate de chaux :		
20 milligr. par litre. .	400	100
40 — — . .	350	80
Sulfate de cuivre :		
100 milligr. par litre. .	< 10 000	<1 000
200 — — . .	9 000	100

Nos expériences confirment les conclusions de *Phelps* et *Carpenter* qui avaient fixé à 5 milligrammes par litre la quantité de chlore nécessaire pour la stérilisation. Les quelques colonies qui persistent proviennent de germes sporulés, tels que le *subtilis*, tout à fait inoffensifs.

On doit donc admettre qu'un effluent traité par 5 *milligrammes*

(1) *Sanitary Record*, 31 janvier 1907 et suivants.

de chlore actif par litre fournira, après une action de deux heures, une eau débarrassée de tout microbe pathogène.

L'évaluation du coût de cette stérilisation est facile à établir. Le prix du chlorure de chaux, à Lille, est de 18 francs les 100 kilogrammes pris par 300 kilogrammes au minimum. Le chlorure de chaux commercial doit contenir le tiers de son poids en chlore actif, ce qui donne le prix de 54 francs pour 100 kilogrammes de chlore actif.

Si l'on emploie 5 milligrammes de chlore par litre, 1000 mètres cubes d'eau traitée nécessiteront 5 kilogrammes de chlore, soit 2 fr. 70 pour la dépense de réactif. Ce prix peut paraître assez élevé, mais comment peut-on mettre en balance la sécurité que donne un effluent ainsi rendu absolument inoffensif, en regard de la contribution si faible de 0 fr. 10 à 0 fr. 20 par habitant et par an?

Pour une installation très importante, le prix de revient du chlorure de chaux pourrait probablement être abaissé. D'ailleurs, *Phelps* et *Carpenter* ont établi que, lorsque la consommation de chlore est considérable, on peut le produire sur place et l'employer à l'état gazeux, ce qui réduit de moitié le prix du réactif.

Dunbar a comparé le prix des divers désinfectants utilisés pour tuer les microbes dans les eaux après l'épuration biologique artificielle et il est arrivé aux chiffres suivants (¹) :

Désinfectant.	Prix de la désinfection, le chlorure de chaux étant pris comme unité.
Chlorure de chaux	1
Chaux	2
Chlorure de cuivre	4
Permanganate de potasse	6
Chloros	6
Eau de Javel	8
Acide sulfurique brut	10
Acide phénique brut	20
Sublimé	25
Sulfate de fer	40
Sulfate de cuivre	150
Lysol	500
Formaline	500

Le chlorure de chaux est donc le désinfectant le plus économique : il est plus cher que la chaux, mais il agit à une

(¹) *Leitfaden für die Abwasserreinigungsfrage*, München und Berlin, 1907.

concentration de 1 : 15 000, mieux que la chaux à une concentration de 1 : 500.

En outre, il a l'avantage de ne pas donner de précipitation appréciable.

Les recherches de *Schumacher* et celles de *Schwartz* ont montré qu'il est nécessaire, pour contrôler l'action du chlorure de chaux et des désinfectants en général, d'opérer sur des volumes assez considérables. *Schumacher* a vu qu'en additionnant l'eau de 5 grammes de chlorure de chaux par mètre cube, on trouve encore, après deux heures, du *Bacterium Coli* vivant dans 12 pour 100 des prises d'échantillons d'un litre. Avec une addition de chlorure de chaux de 1 : 5000, le chiffre est monté à 38 pour 100. En prolongeant la durée de contact jusqu'à 3 heures et demie, la destruction du *bact. coli* est totale (*Dunbar*). *Schwartz* a montré que les vibrions sont toujours tués par le chlorure de chaux à 1 : 5000, même en prenant pour l'examen des échantillons d'un litre. Les mêmes résultats ont été obtenus avec du chlorure de chaux à 1 : 10 000 et 1 : 20 000. A la dose de 1 : 50 000 on a trouvé des vibrions vivants deux fois sur 10 échantillons de 1 litre, une fois sur 10 échantillons de 50 centimètres cubes, et l'on n'en a pas trouvé dans 10 échantillons de 1 centimètre cube. Avec le *Bacterium Coli*, *Schwartz* a constaté qu'après action du chlorure de chaux à 1 : 2000 pendant 4 heures, on ne retrouvait plus de coli dans 82,5 pour 100 des échantillons de 1 litre, dans 95 pour 100 des échantillons de 50 centimètres cubes, et dans 100 pour 100 des échantillons de 1 centimètre cube. Il a obtenu d'aussi bons résultats avec le chlorure de chaux à 1 : 10 000 et 1 : 20 000, en faisant des prises d'échantillons de 1 centimètre cube.

Le tableau suivant indique la diminution du nombre de germes d'eau d'égout renfermant 1 350 000 microbes par centimètre cube, après action du chlorure de chaux pendant 4 heures.

Concentration du chlorure de chaux.	NOMBRE DE GERMES PAR CENTIMÈTRE CUBE	
	dans l'eau brute.	dans l'eau traitée.
—	—	—
1 : 2 000	1 350 000	15
1 : 5 000	»	23
1 : 10 000	»	36
1 : 20 000	»	72
1 : 30 000	»	3 620
1 : 40 000	»	50 000

Tous ces résultats montrent qu'en additionnant l'eau de chlorure de chaux à la concentration de 1 : 5000, on arrive à une désinfection pratiquement satisfaisante.

3° **Désinfection de l'eau avant épuration biologique.** — *Schwartz* a étudié en outre l'épuration des eaux préalablement désinfectées par le chlorure de chaux. Il a constaté que l'eau traitée au préalable, dans les bassins de décantation, par le chlorure de chaux à 1 : 20 000 s'épure parfaitement sur les lits bactériens sans nuire à leur fonctionnement. L'hypochlorite de chaux s'oxyde en effet très rapidement à la surface du lit, de sorte que les parties profondes travaillent sans diminution d'activité.

Il est essentiel de remarquer que la désinfection parfaite de l'eau ne peut s'effectuer que si cette eau ne contient pas de flocons en suspension d'un diamètre supérieur à 1 millimètre, car autrement ces flocons absorbent une partie du désinfectant, et le résultat est alors imparfait.

Dunbar a constaté que les eaux se désinfectent très facilement même au sortir de la fosse septique. Il a vu par exemple qu'une addition de chlorure de chaux à 1 : 10 000 amenait la destruction complète du coli après 3 heures et demie de contact. On peut donc employer après la fosse septique une quantité de chlorure de chaux plus faible que pour le traitement de l'eau brute avant fermentation anaérobie. L'eau ainsi désinfectée est souvent tout à fait stérile, et pourtant elle s'épure très bien sur les lits bactériens où elle retrouve en abondance une flore microbienne appropriée.

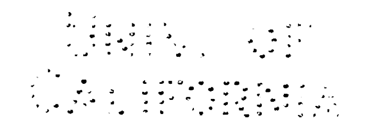
Pour combattre les mauvaises odeurs qui se dégagent des fosses septiques, on a d'abord employé le sulfate de fer avec succès, mais les eaux ainsi traitées restent jaunes et sont difficiles à clarifier. *Dunbar* a obtenu de meilleurs résultats en plaçant au sortir de la fosse septique un filtre de limaille de fer, qui retient l'hydrogène sulfuré, tandis que le sulfure de fer formé reste en grande partie dans la fosse septique. Le chlorure de chaux désodorise aussi parfaitement les eaux, tout en détruisant les microbes.

CHAPITRE XIV

PRIX DE REVIENT DES INSTALLATIONS BIOLOGIQUES

Le graphique n° 14 ci-après indique, d'après *Imhoff*, les frais de construction des installations biologiques récentes en Allemagne, non compris l'achat du terrain et les dispositifs pour le traitement de l'eau après épuration ou pour le traitement des eaux de pluie. Les frais d'achat du terrain n'ont pas entré en ligne de compte, car ils sont trop variables. En moyenne ils s'élèvent à 10 pour 100 des frais de construction. Pour les petites installations, les frais par tête d'habitant sont très élevés et peuvent monter à 175 marks par tête, tandis que pour *Mullheim* (40000 habitants) les frais se sont élevés à $3^{mk},40$ par tête. Le tableau montre que pour les villes de 10000 à 60000 habitants, les frais varient de 4 à 10 marks par tête. On voit en outre que les frais d'installation s'élèvent rapidement quand le nombre des habitants est inférieur à 10000, et diminue au contraire très lentement entre 10000 et 50000 habitants. Quand aux frais d'exploitation, ils s'élèvent, d'après *Imhoff*, de $0^{mk},30$ à $0^{mk},60$ par tête d'habitant et par an, pour les villes de 10000 à 50000 habitants. Ils peuvent être beaucoup plus élevés et atteindre 4 marks par tête et par an dans les petites installations. Si l'on rapporte ces frais d'exploitation au mètre cube d'eau traitée, on arrive à un chiffre qui oscille entre $0^{pf}9$ et 23 pfennigs. La valeur moyenne de ce chiffre pour les villes dont la consommation d'eau oscille entre 40 et 80 litres par tête paraît être de 2 à 5 pfennigs par mètre cube.

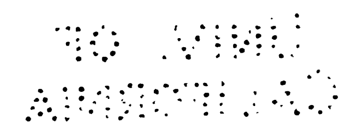
En ce qui concerne le prix de revient des installations biologiques en Angleterre et en France, nous n'avons rien à changer aux données fournies dans notre deuxième volume (page 61). Mais nous prions le lecteur de se reporter aux



données complémentaires que nous fournissons plus loin sur cet important sujet à propos de l'installation toute récente de

Graphique n° 11. — Frais de construction des installations d'épuration biologique en Allemagne pour les villes de 1000 à 60000 habitants (non compris le terrain). (D'après Imhoff.)

Birmingham, laquelle est la plus parfaite de toutes celles qu'on peut voir fonctionner actuellement en Europe.



CHAPITRE XV

ÉPURATION DES EAUX D'ÉGOUT CHARGÉES D'UN EXCÈS DE MATIÈRES GRASSES STATION EXPÉRIMENTALE DE ROUBAIX-TOURCOING

Sur la demande de M. le Dr *Dron*, député et maire de *Tourcoing*, nous avons installé, à l'occasion du *Congrès d'hygiène sociale* qui s'est réuni dans cette ville en septembre 1906, une station d'expériences que nous avons décrite dans le volume II de ces Recherches (pages 183 et suivantes).

Cette station était disposée pour étudier parallèlement l'épuration biologique sur les eaux d'égout non mélangées d'eaux de peignage de laines et l'épuration chimique sur les eaux résiduaires des usines de peignage, recueillies à part.

On sait que le problème de l'épuration des eaux d'égout est rendu particulièrement difficile à résoudre lorsque, comme c'est le cas de *Roubaix-Tourcoing*, ces eaux renferment une quantité considérable de graisses provenant du traitement industriel des laines.

La seule solution rationnelle qui s'imposera tôt ou tard aux villes dont il s'agit consiste à recueillir les eaux de peignage dans une canalisation séparée (1), à les conduire à une usine

(1) Voici la composition moyenne des eaux résiduaires de peignages de laines, à Tourcoing, avant et après précipitation par l'eau de chaux :

	EAU DE PEIGNAGE (milligr. par litre).	
	Avant précipitation.	Après précipitation par l'eau de chaux.
Extrait sec	8,450	4,300
Résidu fixe	3,225	2,485
Perte par calcination au rouge	5,225	1,815
Couleur	brunâtre	jaune pâle
Odeur	très forte	faible
Réaction	acide	très alcaline
Ammoniaque	61	22

d'épuration chimique dont l'effluent, après une séparation des graisses et des dépôts, serait ensuite rejeté dans l'égout collecteur des eaux-vannes urbaines.

Ces dernières, ne contenant dès lors plus que les graisses ménagères, présenteraient une composition à peu près identique à celle des localités de même importance, et l'on n'éprouverait aucune difficulté à les épurer par les procédés biologiques usuels.

Non seulement cette solution est la seule qui, en l'état actuel de nos connaissances, permette d'éviter l'extrême pollution de l'*Espierre*, mais elle est certainement la plus économique, puisque le traitement chimique, toujours très onéreux, ne porterait plus que sur un volume de 15000 mètres cubes par jour au maximum, alors que le débit total de l'égout unique est de 60000 mètres cubes en moyenne.

On peut ajouter qu'elle est également la plus équitable, car il est logique d'admettre que les 200000 habitants des deux villes ne doivent pas payer les frais d'épuration des eaux résiduaires de quelques usines, alors que cette épuration entraîne des frais particulièrement élevés. Il serait juste que la population entière supporte la part de dépenses qui résulte du traitement des eaux-vannes communes, et que les industriels prissent à leur charge celle qu'entraîne la séparation chimique des graisses et des boues de nature spéciale que les usines évacuent actuellement à l'égout unique, interurbain.

Il est, d'ailleurs, très probable que la précipitation chimique ne portant que sur un volume d'eaux résiduaires relativement restreint (15000 mètres cubes par jour au maximum) et extrêmement riche en suint de mouton, permettrait de récupérer sous forme de graisses commercialement utilisables (au moins comme combustible), une proportion importante de matières

Azote organique	155	82
Matières grasses	1930	0
— en suspension totale.	3325	91
— organiques	1504	32
— minérales.	1819	59

Les matières en suspension contiennent :

Matières grasses.	17,6 0/0
Azote.	2,0 0/0



grasses. La valeur de celles-ci venant en déduction des frais de traitement rendrait l'épuration moins onéreuse.

Au cours d'un récent voyage d'études en Allemagne, nous avons eu l'occasion de voir appliquer à *Koepenick*, près de *Berlin*, un procédé mécanique et chimique de séparation et d'utilisation des boues qui nous a paru susceptible de rendre de grands services dans le cas dont il s'agit. Nous estimons qu'il y aurait lieu d'en faire l'essai en variant au besoin la nature des réactifs employés.

Nous reproduisons ci-après les notes que nous avons rapportées à son sujet.

I. — **Traitement des eaux d'égout à Koepenick, près Berlin. Utilisation des boues, non desséchées, à la production d'énergie électrique.** — La ville de *Kœpenick*, pour une population de 30000 habitants, doit rejeter en moyenne par jour à la Sprée environ 4000 mètres cubes d'eaux d'égout, composées en majeure partie d'eaux ménagères contenant une proportion notable de matières grasses.

L'épuration de ces eaux est obtenue par traitement chimique, au moyen de lignite et de sulfate d'alumine. Les eaux sont d'abord additionnées de 900 grammes de lignite en poudre grossière par mètre cube, puis d'une solution concentrée de sulfate d'alumine à la dose de 200 grammes de sel par mètre cube. Le mélange est rendu intime par un courant rapide au travers d'un grand nombre de chicanes.

Les eaux traitées se rendent dans un bassin simplement creusé dans le sol, sans maçonnerie ni bétonnage, de 190 mètres de long sur 65 mètres de large et d'une profondeur de $0^m,80$ à $0^m,90$, ayant ainsi une superficie de 12350 mètres carrés et une capacité de 10 à 11000 mètres cubes. Il faut environ 3 jours pour remplir un bassin qui reste en fonctionnement pendant un mois. Au bout de ce temps, la capacité volumétrique du bassin étant trop réduite par suite de l'accumulation des boues qui s'y est effectuée, l'eau traitée est dirigée dans un autre bassin, puis après un mois dans un troisième bassin. Pendant les intervalles de fonctionnement, les boues sont égouttées puis transportées dans un hangar où elles se dessèchent en partie. Au bout de 3 semaines envi-

ron, elles ne contiennent plus que 60 pour 100 d'eau. On y ajoute alors un cinquième de leur poids en charbon. En cet état, elles servent de combustible à une usine électrique qui fournit l'élairage et la force motrice aux tramways et aux industries.

On peut admettre qu'un mètre cube d'eau d'égout donne environ 3 kilogrammes de boues à 60 pour 100 d'eau, soit environ 400 tonnes par mois.

Bien que les prix de vente de l'électricité soient assez réduits (0 fr. 50 le kilowatt-heure pour l'éclairage et 0 fr. 175 le kilowatt-heure pour la force motrice), l'exploitation semble devoir donner de bons résultats financiers.

Nous ne pensons pas qu'on puisse s'attendre à obtenir des bénéfices, car la quantité de matières combustibles retirées des eaux d'égout est relativement très faible et il semble que c'est seulement la proportion considérable de charbon ajoutée qui permet le fonctionnement de l'exploitation.

Cependant nous croyons que cette méthode de traitement serait à retenir pour l'employer dans certains cas où elle pourrait être avantageuse.

***

Certaines villes industrielles, dans lesquelles le travail de la laine est très développé, doivent évacuer des volumes parfois énormes d'eaux contenant une si forte proportion de matières grasses qu'elles ne peuvent être traitées par les procédés biologiques. Ainsi les eaux d'égout de *Bradford* (*Angleterre*) contiennent 630 grammes de matières grasses par mètre cube; les eaux de l'*Espierre* (*Roubaix-Tourcoing*) de 500 à 1000 grammes; il en est de même pour les eaux de *Verviers* (*Belgique*).

De très nombreux procédés ont été proposés pour l'épuration de ces eaux grasses (procédés chimiques basés sur l'emploi de réactifs précipitants), mais ils produisent des quantités considérables de boues inutilisables comme engrais. On a bien essayé d'en retirer les graisses, mais les modes opératoires proposés n'ont jamais donné les résultats qu'on en espérait.

La méthode la plus rationnelle d'utilisation de ces boues semble être la combustion. En effet, desséchées convenable-

ment, elles peuvent contenir près de la moitié de leur poids en matières grasses éminemment combustibles. Des essais entrepris pour l'*Espierre*, dans ce sens, par M. *Bienvaux*, ingénieur des Ponts et Chaussées, et continuées par son successeur, M. *Grimprez*, à l'usine de *Grimonpont* et à la station expérimentale de *Tourcoing*, ont donné d'excellents résultats.

La précipitation des eaux de l'*Espierre*, et même des eaux de peignage seules, par l'eau de chaux, permet d'obtenir un effluent limpide ne contenant pas de matières en suspension, pourvu que l'eau de chaux ajoutée soit en proportion convenable et que le mélange soit intime, ce qui est obtenu à *Tourcoing* par un cheminement très long de l'eau avant son entrée dans le bassin de décantation. Nous croyons que l'addition d'une certaine quantité de tourbe ou de lignite comme à *Koepenick*, ou encore de charbon maigre en poussière, favoriserait la décantation et produirait une rapide décoloration de l'eau. Pour rendre transportables les boues obtenues par précipitation par la chaux seule, on a généralement fait usage de filtres-presses dont l'emploi est très coûteux par suite de l'usure rapide des toiles; la précipitation avec addition de charbon a l'avantage de donner des boues qui s'égouttent plus facilement et n'exigent pas d'être filtrées. Des essais sur de grands volumes pourraient seuls fixer les avantages de cette technique sur laquelle nous croyons devoir appeler l'attention des ingénieurs et des municipalités des villes intéressées.

II. **Séparation des graisses.** — A *Yorkshire* (*Angleterre*), les eaux de lavage des laines sont d'abord concentrées par évaporation, puis traitées par des appareils centrifuges qui agissent comme les écrémeuses sur le lait. On obtient ainsi trois couches : une de boues, qui n'est pas utilisée; une solution concentrée de savon de potasse qui est calcinée et transformée en carbonate de potasse; enfin une couche de *lanoline* brute, marchande.

Ces méthodes ne sont évidemment pas applicables aux villes dont les eaux ne renferment qu'une quantité faible de matières grasses, mais elles présentent un grand intérêt pour

celles, comme *Roubaix-Tourcoing*, *Fourmies* en *France*, *Verviers* en *Belgique*, *Bradford* en *Angleterre*, etc..., où il existe un grand nombre d'usines où l'on traite les laines.

La Société pour l'utilisation des résidus des villes à *Francfort-sur-le-Mein* (*Frankfürter Gesellschaft für Verwertung städtischer Abfälle*) a imaginé pour la séparation des graisses un appareil absolument analogue à l'appareil *Kremer* que nous avons décrit en détail dans notre volume II, page 199, et qui est aujourd'hui employé avec avantage par plusieurs stations d'épuration urbaines (*Manchester* entre autres), ainsi que par beaucoup de blanchisseries privées.

III. **Transformation des graisses contenues dans les eaux-vannes traitées par l'épuration biologique.** — Nous avons vu précédemment que, à la *Madeleine*, la plus grande partie des graisses provenant des eaux ménagères vient flotter à la surface des fosses septiques où elle forme, avec d'autres corps légers en suspension (liège, crottins, etc...) une sorte de chapeau feutré plus ou moins épais. La proportion de graisses solubles dans l'éther oscillle dans cette couche flottante de 16,12 à 27,38 pour 100 (poids à l'état sec). Dans les boues déposées au fond de ces mêmes fosses septiques on en retrouve de 3,18 à 7,33 pour 100.

Ces graisses, pour la plupart d'origine animale, ne sont pas un obstacle à l'épuration biologique lorsque leur proportion n'est pas exagérée, ce qui est le cas général dans les villes. L'eau d'égout de *Berlin* par exemple n'en véhicule guère que 55^{mgr},7 par litre, d'après *Rubner*, et l'on admet que chaque habitant en évacue en moyenne 20 grammes par tête et par jour. Elles sont émulsionnées en fines particules dans le liquide qui renferme en outre des savons et des acides gras.

On ne connaît pas encore bien les transformations qu'elles subissent sous l'influence des fermentations anaérobies et aérobies. D'après *Rideal*, l'ammoniaque qui se forme en abondance dans les fosses septiques favoriserait leur émulsion, et *Bechhold*(1) a constaté que les microorganismes les détrui-

(1) *Zeitsch. f. Angew. Chemie*, 1899, p. 1849.

sent dans les boues de sédimentation putréfiées, surtout à l'abri de la lumière. Les moisissures qui se développent très activement sur le chapeau des fosses contribuent aussi dans une large mesure à les décomposer.

Aux dépens de la graisse, il se forme de la glycérine et des acides gras. La glycérine, soluble dans l'eau, sert d'aliment aux microbes et les acides gras se combinent en partie aux alcalis libres pour former des savons qui sont décomposés à leur tour.

J. Lacomble(1) a cherché à déterminer le sort des graisses sur les supports d'oxydation. Il est arrivé à conclure que leur désintégration s'effectue à peu près complètement sous l'influence des actions microbiennes, à moins qu'elles ne soient trop abondantes, auquel cas leur arrêt mécanique dans les pores des matériaux amène un rapide colmatage des lits bactériens. D'où la nécessité de les séparer autant que possible avant l'entrée des eaux d'égout en fosses septiques par des procédés mécaniques ou par l'emploi de l'appareil *Kremer*.

IV. **Essais d'épuration biologique des eaux d'égout de Roubaix-Tourcoing, non mélangées d'eaux de peignage des laines.** — Depuis le mois de septembre 1906, nos essais d'épuration biologique des eaux d'égout de *Roubaix-Tourcoing*, non mélangées d'eaux de peignage de laines, ont été poursuivis sans interruption, sauf pendant quelques arrêts nécessités par le remplacement des briques creuses employées à la répartition de l'eau à la surface du lit bactérien percolateur. A ces briques creuses nous avons substitué des drains en terre cuite pour les raisons que nous avons exposées plus haut à propos de nos expériences de la *Madeleine*.

Pour suivre les résultats de l'épuration, nous avons fait prélever, à des périodes variables, des échantillons moyens d'eau brute, d'eau sortant de la fosse septique et d'eau épurée.

L'égout qui dessert notre station expérimentale, et qui a été dérivé spécialement pour nos essais, reçoit à la fois les eaux ménagères et industrielles d'un quartier de *Tourcoing*. Les eaux industrielles y prédominent et leur débit est extrême-

(1) *Revue d'hygiène et de police sanitaire*, 1906, p. 817.

VILLES DE ROUBAIX-TOURCOING

Essais d'épuration biologique d'eaux d'égout non mélangées d'eaux de peignage de laines

(Résultats en milligrammes par litre)

DATES DES PÉRIODES D'ANALYSES	NATURE DE L'ÉCHANTILLON	OXYGÈNE ABSORBÉ			MATIÈRES ORGANIQUES DOSAGE AU PERMANGANATE EN OXYGÈNE		AMMONIAQUE EN AzH^3	AZOTE ORGANIQUE EN Az	NITRATES EN Az^2O^5	NITRITES EN Az^2O^3
		En 3 minutes	En 3 minutes après incubation	En 4 heures	EN SOLUTION ACIDE	EN SOLUTION ALCALINE				
1906										
Novembre-décembre	Eau brute.	»	47,9	»	95	138	8,5	15,9	traces	0
	Effluent de la fosse septique.	»	48,5	»	91	88	9,3	9,6	0	0
	Effluent du lit à percolation.	2,4	8,4	3,3	25,6	27	3,2	5,8	8	1,6
1907										
Juin.	Eau brute.	»	25,6	»	96	82,6	7,3	7,6	0	0
	Effluent de la fosse septique.	»	20,8	»	84	60	15,5	4,5	0	0
	Effluent du lit à percolation.	2,0	6	1,4	16,4	15,2	1,2	5,1	9	2,1
Juillet.	Eau brute.	»	34,9	»	118	89,1	8,2	8,2	0	0
	Effluent de la fosse septique.	»	32,7	»	67	52	10,4	6,8	0	0
	Effluent du lit à percolation.	2,4	6,8	2,5	16,4	15,6	0,6	4,4	9,5	0,9
Août	Eau brute.	»	43,1	»	104	75,5	11,8	8,4	0	0
	Effluent de la fosse septique.	»	38,2	»	65,5	56,5	17,3	6,5	0	0
	Effluent du lit à percolation.	2,4	6,5	2,5	15,3	15,9	1,0	5,9	19,0	1,8

ment variable, presque nul le dimanche et le lundi, souvent excessif les autres jours. Aussi avons-nous choisi pour les périodes d'analyses les échantillons prélevés les mardi, mercredi et jeudi, de façon à connaître les résultats obtenus pendant le régime le plus chargé. Ces analyses en série ont été répétées deux fois par mois en novembre et décembre 1906 et en juin, juillet et août 1907.

Le tableau ci-après indique les moyennes de nos analyses pour chacun de ces mois.

Les résultats sont satisfaisants. L'eau épurée est incolore, inodore et imputrescible. L'ammoniaque disparaît presque complètement et les nitrates se forment en quantité suffisante, mais pourtant plus faible qu'à la *Madeleine*. Cela tient à la grande proportion de matières organiques *non azotées* (provenant de diverses industries) que ces eaux contiennent. Or nous savons que ces composés favorisent la multiplication des ferments dénitrifiants qui détruisent une partie des nitrates formés.

On peut conclure de ces expériences que le procédé d'épuration par fosse septique et lits bactériens percolateurs est parfaitement applicable au traitement des eaux d'égout de *Tourcoing, non mélangées d'eaux de peignage des laines*.

CHAPITRE XVI

ÉPURATION DES EAUX-VANNES DES HABITATIONS ISOLÉES. — FOSSES SEPTIQUES DE DIVERS SYSTÈMES. — TRANSFORMATEURS. — PUITS PERDUS.

La question de l'épuration des eaux-vannes ménagères et des matières de vidange pour les habitations privées ou pour les établissements collectifs (collèges, casernes, prisons, hôpitaux), isolés ou trop éloignés d'un réseau d'égout, continue à préoccuper avec juste raison les architectes et les ingénieurs sanitaires.

Les solutions qui ont été proposées jusqu'à ces derniers temps étaient pour la plupart défectueuses. Plusieurs constructeurs ont imaginé des appareils soi-disant *épurateurs* et qui n'étaient que des fosses septiques plus ou moins compliquées, réalisant généralement assez bien la première phase de l'épuration biologique, c'est-à-dire la dissolution des matières solides entraînées par les eaux-vannes, mais n'effectuant à aucun degré l'oxydation ou la minéralisation de ces matières dissoutes, c'est-à-dire l'épuration proprement dite.

Un trop grand nombre de municipalités et de particuliers ont été trompés par les annonces de ces constructeurs. Les propriétaires d'immeubles, dans certaines grandes villes, grâce aux appareils dont il s'agit et aux promesses qu'on leur faisait, ont cru pouvoir s'affranchir de l'obligation d'installer chez eux le tout-à-l'égout. L'adoption des fosses septiques est devenue pour eux un moyen de résister aux injonctions de la loi ou des arrêtés municipaux. Il en est résulté de sérieux dommages pour la santé publique, et beaucoup de gens, mal informés, ont attribué au système d'épuration biologique en général l'échec que sa mauvaise application réalisée chez eux leur avait fait éprouver.

C'est ainsi que l'on compte actuellement en France plus de deux mille installations de fosses septiques assurément incapables de donner satisfaction à ceux qui les ont fait construire. On les a adaptées inconsidérément à l'épuration des eaux-vannes ménagères, à celles des eaux résiduaires d'abattoirs, quelquefois même au traitement des matières de vidange brutes, transportées en tonneaux! C'était méconnaître les conditions mêmes du travail biologique des microbes nitrificateurs. C'était compromettre en outre gravement la bonne renommée d'un système qui repose sur des principes scientifiques parfaitement établis et qui a fait ses preuves d'efficacité partout où ces principes sont rigoureusement appliqués.

Les administrations sanitaires et les conseils d'hygiène se sont émus d'un tel état de choses. Il a fallu reconnaître la nécessité de réglementer l'emploi et de surveiller le fonctionnement des fosses septiques, ainsi que celui des appareils qui en dérivent. Le département de la Seine a donné l'exemple, et nous verrons tout à l'heure qu'il a dû interdire le déversement dans les égouts de tous les effluents de fosses septiques *non préalablement épurés, soit sur des lits bactériens, soit sur des champs d'épandage.*

Il importe donc que chacun soit éclairé sur les résultats que l'on peut attendre des principaux types d'appareils épurateurs domestiques actuellement connus. Les pages qui suivent fourniront à cet égard les indications indispensables et permettront aux intéressés soit de corriger les défectuosités des systèmes qu'ils préconisent, soit d'adopter, suivant les circonstances locales, celui de ces systèmes qui leur paraîtra correspondre le mieux à leurs besoins.

Disons tout de suite qu'en aucun cas on ne devra compter sur l'épuration biologique pour *stériliser* les eaux d'égout. Celles-ci, après épuration, contiennent toujours un grand nombre de microbes qui appartiennent à des espèces inoffensives, lesquelles remplissent précisément un rôle capital dans la désintégration des matières organiques. Parmi ces microbes, si les matières à épurer proviennent d'hôpitaux pour contagieux par exemple, il peut s'en trouver de *pathogènes*, dont il est alors indispensable d'éviter la dissémination.

Il faudra les supprimer dans l'effluent des appareils d'épuration. On y parviendra sans difficultés en retenant cet effluent pendant environ deux heures dans un bassin où l'eau sera mélangée à une petite quantité de réactifs antiseptiques. Le meilleur réactif à employer, ainsi que nous l'avons déjà dit, est le chlorure de chaux du commerce (voir *chap.* XIII) ou encore les permanganates de chaux ou de soude. On peut utiliser aussi l'eau de Javel, suivant les indications fournies par M. *Grimbert*, qui a fait appliquer en grand ce procédé à la désinfection des matières de vidange liquides de *l'hôpital Claude-Bernard*, à *Paris*.

L'eau de Javel concentrée à 30° chlorométriques, c'est-à-dire dégageant 30 litres de chlore par kilogramme, à la dose de 1 millième en milieu légèrement acidulé par une petite quantité d'acide chlorhydrique (1 demi-millième), suffit à détruire en 6 heures les microbes pathogènes, non sporulés, en particulier le *bacille typhique*, dans les déjections convenablement brassées.

Le prix moyen de l'eau de Javel étant de 0 fr. 40 le litre et celui de l'acide chlorhydrique de 0 fr. 10, la stérilisation d'un mètre cube de liquide revient donc à 0 fr. 50.

C'est une dépense beaucoup trop élevée pour qu'on puisse songer à réaliser la destruction totale et d'ailleurs inutile des germes qui se trouvent dans l'effluent des installations d'épuration biologique urbaines; mais elle n'a rien d'exagéré lorsqu'il s'agit de rendre inoffensives les eaux résiduaires d'un hôpital ou d'un établissement d'équarrissage, auquel il doit être strictement interdit d'épandre sur le sol ou de déverser dans des cours d'eau aucun liquide susceptible de disséminer des germes infectieux.

I. — **Fosse septique de Bezault** (Société française d'épuration et d'assainissement, 28, rue de Châteaudun, Paris). — La *Fosse septique* de Bezault, déjà décrite dans notre deuxième volume, p. 67 et *fig.* 12, n'est autre chose que l'exacte reproduction de l'ancienne fosse *Mouras*, avec la simple addition d'une chicane ou cloison incomplète, ayant pour but de briser le courant et d'empêcher l'évacuation au dehors des matières solides ayant plus de 25 millimètres de diamètre. Elle a été

récemment soumise à l'examen du Conseil d'hygiène publique et de salubrité du département de la Seine.

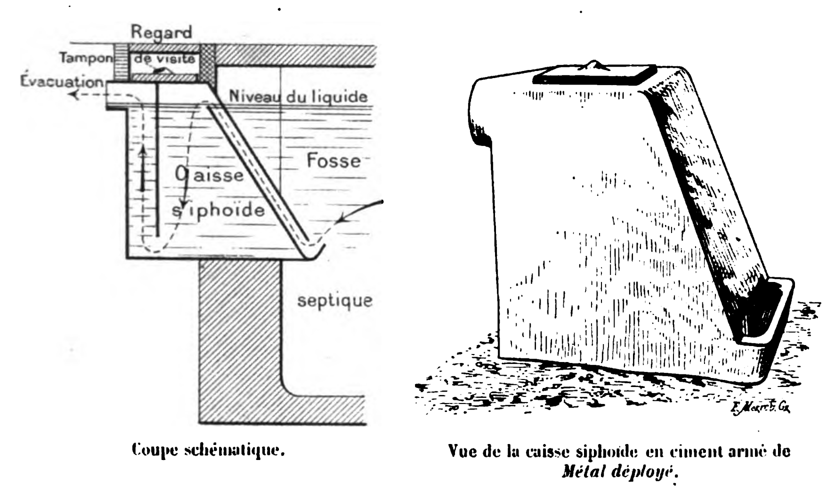
Le 8 mars 1907, la commission nommée par ce Conseil a visité à l'hospice *du Cayla*, à *Bécon-les-Bruyères*, une fosse de ce système. L'odeur qu'elle dégageait lorsqu'on l'eut ouverte était assez forte. Des prélèvements de son contenu furent effectués les 8 mars et 18 avril. Les résultats des analyses chimiques et bactériologiques sont résumés dans le tableau suivant. Le liquide prélevé dans le deuxième compartiment, à 60 centimètres au-dessous de la surface, était noirâtre, très trouble, et exhalait l'odeur de l'hydrogène sulfuré.

	ANALYSE DES PRÉLÈVEMENTS (milligr. par litre)	
	du 8 mars 1907.	du 18 avril 1907.
Azote total	171,4	145,4
— ammoniacal	153,0	139,0
— nitrique	»	1,1
Matière organique (en oxygène emprunté au permanganate, en solution alcaline)	57,0	61,0
Chlore	93,0	103,0
Résidu sec à 180°	602,0	551,0
Résidu fixe après calcination au rouge sombre	420,0	386,0
Bactéries par cent. cube	9 100 000	27 900 000
Bacterium coli, par cent. cube	1 000	1 000

Il n'y a donc, dans la fosse dont il s'agit, aucune destruction de la matière organique, contrairement à ce qu'indiquent les prospectus du constructeur. Aussi, le Conseil d'hygiène publique du département de la Seine, sur le rapport présenté par le Dr *Laveran*, au nom de la Commission, a-t-il conclu que le déversement des liquides sortis de ces fosses, soit dans des puisards absorbants, soit dans des égouts, devait être *interdit*, et que, dans le périmètre du département de la Seine, jusqu'à l'installation du tout à l'égout, on pouvait tolérer les appareils de ce genre *à la condition que les liquides en provenant soient conduits par des tuyaux étanches sur des terrains d'épandage ou sur des lits bactériens d'oxydation acceptés par l'administration et placés sous sa surveillance* (1).

(1) Compte-rendu des séances du Conseil d'hygiène publique et de salubrité du département de la Seine, 2 août 1907.

II. — **Fosse septique à caisse siphoïde de V. Devrez.** — M. *V. Devrez*, ingénieur à *Seignelay* (*Yonne*), s'est proposé de supprimer les cloisons qui, dans les fosses septiques, sont destinées à faciliter les dépôts de matières en suspension et les fermentations microbiennes. Ces cloisons perforées ont l'inconvénient de nécessiter trop souvent le dragage ou le curage des fosses. Il les remplace par l'adjonction d'une *caisse siphoïde* en ciment armé et qui représente une cloison reportée à l'extérieur (*fig.* 6). On peut ainsi, en cas d'engorgement,



Coupe schématique.

Vue de la caisse siphoïde en ciment armé de *Métal déployé*.

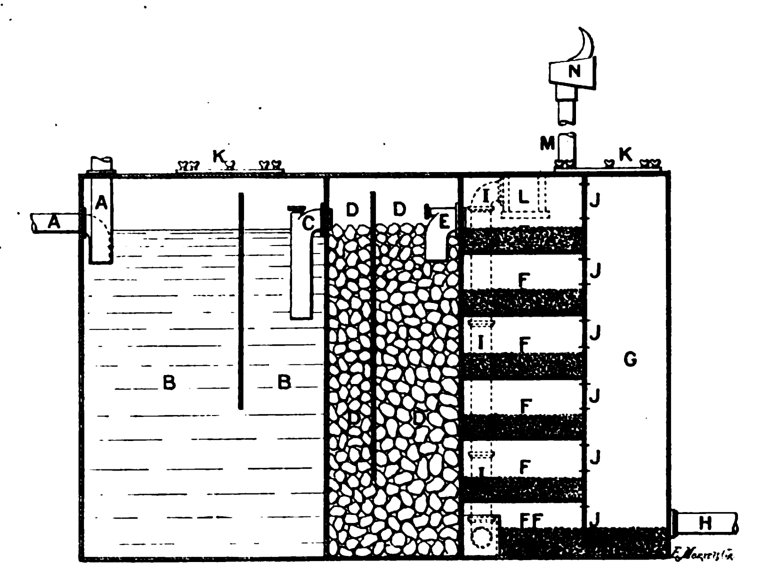
Fig. 6. — Caisse siphoïde de V. Dewez.

désobstruer la sortie de la fosse à l'aide d'un simple crochet flexible. D'autre part, le double siphon d'entrée et de sortie de ladite caisse assure complètement le maintien dans la fosse des matières qui doivent y séjourner vingt-quatre heures, pour subir la transformation septique. Les dimensions de cette caisse varient suivant l'importance de la fosse.

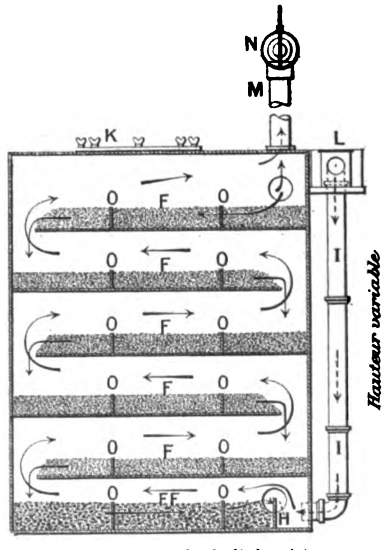
III. — **Transformateur intégral.** — L'appareil dit *Transformateur intégral*, imaginé par M. *Bordigoni*, comprend trois parties :

1° Une fosse septique B (*fig.* 7) où arrivent les matières excrémentitielles et les eaux ménagères par les tuyaux de chute A plongeant dans la masse. Cette fosse, pourvue d'une chicane de surface destinée à retenir les corps flottants, est

reliée avec le compartiment D par un conduit C muni d'un



Coupe longitudinale.



Coupe transversale du lit bactérien.

Fig. 7. — Transformateur intégral.

orifice destiné à empêcher les mouvements que pourrait déter-

miner la pression des gaz. Ce conduit plonge également dans le liquide, d'environ $0^{m},60$, pour empêcher le passage des matières solides en D.

Un trou d'homme est ménagé sur le plafond de la fosse septique pour permettre les nettoyages.

2° La fosse médiane D, divisée comme la première par une cloison incomplète, est entièrement garnie de morceaux de calcaire de la grosseur d'un œuf de pigeon. Le liquide que déverse C la remplit complètement, chemine à travers le calcaire jusque sous la cloison et ressort en E, pour se répandre en cascade sur les lits bactériens.

3° Ceux-ci sont au nombre de 3 à 6 dans le dernier compartiment G. Ils sont formés par une série de lames de ciment armé, disposées en chicanes et recouvertes de quelques centimètres d'un mélange de calcaire avec des scories et un peu de terreau (F,F,F).

Ces lits sont en pente légère, de telle sorte que l'eau, arrivant par E sur le premier, s'écoule lentement sur le second, puis sur le troisième, etc..., à travers les matériaux, sans que ceux-ci soient submergés. Au sortir du dernier lit elle s'échappe en H.

L'alimentation des lits se fait au fur et à mesure que surviennent en A de nouvelles chasses. Leur aération est assurée par une ventouse L munie d'un tuyau de communication I qui débouche sur le dernier lit. On lui donne une hauteur convenable pour qu'il y ait appel d'air extérieur en sens inverse du cheminement du liquide.

Les appareils étant généralement enchâssés dans le sol, on ménage une chambre de visite G fermée par un tampon, qui permet l'accès à chaque lit.

Une Commission spéciale du Conseil d'hygiène du département de la Seine a visité, le 13 décembre 1906, un *Transformateur intégral* installé depuis un an à l'hôpital de *Saint-Germain-en-Laye* et dont la fosse septique, de la contenance de 42 mètres cubes, était alimentée par trois cabinets d'aisances fréquentés par quarante malades environ. Cette fosse recevait en outre des eaux de lavage, mais pas d'eaux pluviales.

Une prise de liquide fut effectuée à l'effluent des lits bacté-

riens. Le 27 décembre on fit d'autres prélèvements de ce même effluent et du liquide de la fosse septique.

Le tableau suivant résume les résultats des analyses, d'après le rapport de M. le Dr *A. Laveran* :

	ANALYSE DES LIQUIDES (milligr. par litre)		
	15 déc. 1906 à la sortie des lits bactériens	27 déc. 1906 à la sortie de la fosse septique	27 déc. 1906 à la sortie des lits bactériens
Azote total.	480,5	226,1	250,2
— ammoniacal . . .	470,0	218,5	225,6
— organique (Kjeldahl).	11,1	4,7	2,4
— nitrique	»	4,4	1,9
Matière organique (oxygène emprunté au permanganate en solution alcaline).	17,0	98,0	55,0
Résidu sec à 180°. . . .	1 545,0	850,0	857,0
Résidu fixe après calcination au rouge. . . .	790,0	595,0	690,0
Bactéries par c. cube. .	450 000	8 000 000	15 500 000
Bacterium coli par c. c.	10 000	1 000	1 000

Ces résultats montrent qu'il n'y a aucune épuration réalisée dans l'appareil. L'azote albuminoïde s'y transforme en grande partie, comme dans toutes les fosses septiques, en azote ammoniacal, mais celui-ci ne se minéralise pas. Donc l'oxydation est à peu près nulle.

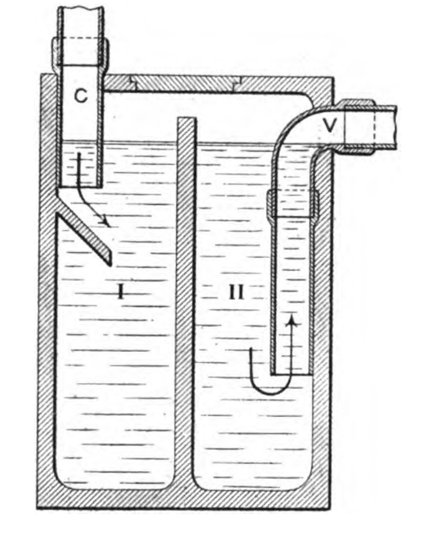
D'autres appareils du même système ont été étudiés en Belgique par le Dr *M. Henseval*, directeur du laboratoire d'hygiène du Ministère de l'Agriculture. Leurs effluents analysés étaient aussi défectueux. On n'y trouvait ni nitrites, ni nitrates et, par contre, ils renfermaient en abondance des matières en suspension.

Aussi la conclusion du Conseil supérieur d'hygiène de *Bruxelles* fût-elle que « le *Transformateur intégral* ne fonctionne pas avec la régularité nécessaire et que les processus d'oxydation sont loin d'atteindre le degré voulu. » Et son rapporteur (M. *F. Putzeys*) ajoute :

« Il serait regrettable d'encourager, et même d'autoriser l'emploi, dans les établissements publics, d'un système d'épuration qui ne procure nullement les avantages que son titre

promet. Cette tolérance aurait certainement pour effet de discréditer une méthode qui, dans d'autres mains, a donné d'excellents résultats » (¹).

Cet insuccès du *Transformateur intégral* tient d'abord à ce que le dispositif adopté pour les lits bactériens empêche que les matériaux de ces lits soient régulièrement mouillés et aérés dans toute leur masse. Ensuite, les intermittences de mouillage et d'aération n'y étant réglées en aucune manière, la circulation de l'eau s'effectue beaucoup trop vite lorsque les chasses sont fréquentes, de sorte que les phénomènes d'oxydation, alors même que les matériaux seraient convenablement disposés, n'ont pas le temps de s'accomplir.



IV. — Fosse « Simplex ». — M. *L. Gaultier*, architecte (67, rue d'Amsterdam, Paris) a construit, sous le nom de *Simplex*, un appareil d'épuration domestique en béton armé, parfaitement étanche et qui mérite d'être signalé.

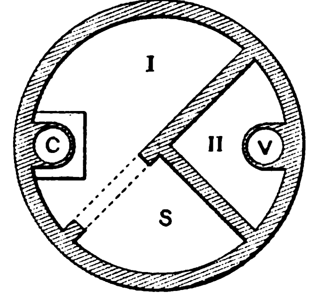


Fig. 8. — Fosse « simplex » de L. Gaultier.

Cet appareil se compose d'une fosse septique cylindrique munie de deux cloisons intérieures de différentes hauteurs, l'une suivant le diamètre, l'autre suivant le rayon (*fig.* 8). L'une de ces cloisons est percée à sa partie inférieure et leur hauteur est calculée d'après le débit. Tout le système peut être placé dans la cave des habitations ou enterré complète-

(¹) *Bulletin du service de santé et de l'hygiène*, Bruxelles, juillet-août 1907, p. 375.

ment comme une fosse ordinaire. Un tampon avec joint spécial existe sur le dessus et permet la visite intérieure de la fosse.

Le compartiment I fonctionne comme toutes les fosses septiques et reçoit le tuyau de chute C. Les eaux-vannes débarrassées par fermentation anaérobie de la plus grande partie des matières en suspension passent en S par une ouverture grillagée en bas. De là, lorsque l'appareil étant plein, une chasse se produit, une égale quantité d'eau s'écoule par dessus la cloison dans le compartiment II, et une autre, de même volume, est évacuée par le trop-plein de vidange V sur un puisard de nitrification ou *puits bactérien*.

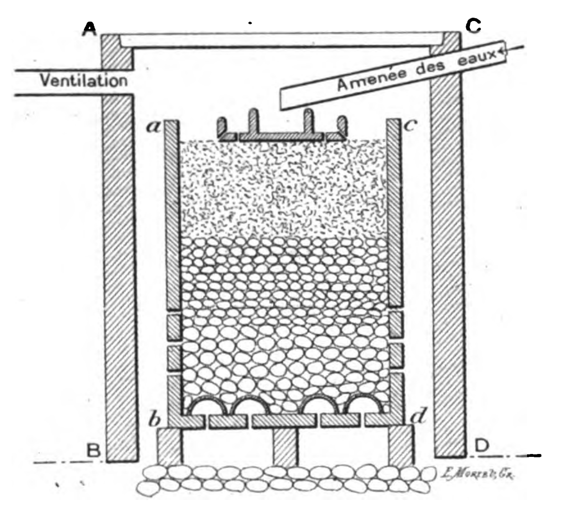


Fig. 9. — Puisard bactérien « simplex » de L. Gaultier.

Voici la description de ce puisard telle que l'auteur l'a publiée dans une note au Congrès national d'hygiène et de salubrité de *Marseille* (octobre 1905) :

On creuse un puits en terre jusqu'à la couche absorbante en y pénétrant comme pour faire un puisard ordinaire, mais au lieu de monter un tube en maçonnerie sèche, nous remplissons ce puits avec du gros mâchefer ou des débris de briques, poteries, meulières, etc., jusqu'à environ 2 mètres du sol.

Dans les deux derniers mètres jusqu'au sol, sur 1 mètre de diamètre, on construit un tube en maçonnerie ou en béton aggloméré. On descend dans ce trou une cuve en ciment armé (ABCD, *fig.* 9) qui n'a qu'une faible épaisseur et 0^{m},80 de diamètre extérieur sur 1 mètre à 1^{m},50 de hauteur. Cette cuve a son fond et toute sa partie inférieure percés de trous. Pour éviter qu'elle repose directement sur la couche de mâchefer,

et afin de permettre à l'air de circuler aussi bien en dessous qu'autour, on la fait reposer sur trois dés en pierre ou en brique (*a*, *b*, *fig*. 9).

On remplit cette cuve de trois couches superposées de mâchefer dont les morceaux vont en diminuant de grosseur de bas en haut; les premiers ayant environ 5 à 6 millimètres de diamètre, les seconds 3 millimètres et ceux du haut de la grosseur du gravier fin. Ces trois couches sont pilonnées légèrement pour rendre la masse plus homogène et pour éviter que l'eau la traverse trop rapidement. A sa surface on pose un petit appareil très simple en fonte, poterie ou ciment, qui a pour but de distribuer d'une façon régulière l'eau sortant de la fosse septique.

Lorsque cette sorte de puisard peut être établi assez loin de l'habitation et entouré de massifs de verdure, on le laisse à l'air libre. Quand le jardin est trop petit, et c'est la majorité des cas dans les banlieues des villes, on le couvre d'un plancher quelconque en ayant soin de le ventiler le mieux possible.

Les liquides fermentés anaérobiquement subissent dans ce puisard bactérien une nitrification qui peut ne pas être complète mais qui s'achèvera ensuite dans le sol perméable sous-jacent. On réduira par suite dans une large mesure les chances de contamination des nappes souterraines.

Aucun hygiéniste ne saurait évidemment souhaiter l'emploi généralisé d'un tel système dans les villes et encore moins dans les agglomérations rurales qui sont obligées d'extraire de leur sous-sol, par des forages ou par des puits, leurs eaux d'alimentation. Mais, dans certains cas, lorsqu'il s'agit de maisons isolées à la campagne, surtout si la nappe aquifère est protégée contre les infiltrations superficielles par une couche imperméable ou par une épaisse couche de sable fin, il peut rendre de réels services en raison de sa simplicité de construction. C'est à ce titre que nous avons cru devoir le faire connaître.

V. — **Puisard absorbant de E.-S. Auscher.** — M. *E.-S. Auscher*, ingénieur sanitaire (24, rue Lafayette, à Versailles) propose d'annexer aux fosses *Mouras* ou autres types de fosses septi-

ques, dans les localités où il n'existe pas d'égout et où l'on est obligé de recourir aux puisards absorbants, un type du puisard représenté dans la figure 10.

Ce dispositif comporte une caisse en tôle perforée MM remplie de scories sur $0^m,50$ environ, de gros sable de rivière ou gravillon sur $0^m,20$; puis encore de scories sur $0^m,80$. Cette caisse, amovible, repose sur un tampon en fonte T qui livre passage par plusieurs ouvertures à l'eau partiellement épurée vers le puisard absorbant creusé en dessous.

La surface du lit bactérien est à découvert en B.

La caisse en tôle n'occupe que la moitié environ du puits P dans lequel l'air circule librement pour permettre aux phénomènes d'oxydation de s'effectuer. Ce puits P est fermé au niveau du sol par des plaques en tôle striée épaisses NN, juxtaposées et laissant entre elles des espaces libres de 0,03.

La distribution de l'effluent de la fosse septique s'effectue, au fur et à mesure que les chasses se produisent, par le canal D, ramifié à son extrémité en trois branches percées de trous et noyées dans la couche de grosses scories à quelques centimètres au-dessous de la surface.

Cet appareil, très simple et peu coûteux, est susceptible de rendre quelques services, surtout pour les habitations isolées à la campagne. Il est assurément loin d'être parfait, mais si l'on veut bien réfléchir à ce fait qu'à l'heure actuelle 85 à 90 pour 100 des détritus ménagers et des matières de vidange, sur l'ensemble du territoire de la France, vont au sous-sol *sans aucune épuration préalable*, la situation sanitaire du pays serait certainement améliorée si l'on ne tolérait les puisards absorbants qu'à la condition qu'ils ne reçoivent que des eaux débarrassées de matières en suspension et au moins partiellement épurées.

VI. — **Appareil sanito-bactérien** (système *G.-A. Lucas*, 13, rue des Frères Herbert, Levallois-Perret). — Cet appareil, construit en un ciment spécial, est divisé en une série de trois compartiments dont la disposition est combinée, d'après l'auteur, de telle sorte que « les deux classes de microbes (anaérobies et aérobies) se trouvent chacune dans les conditions

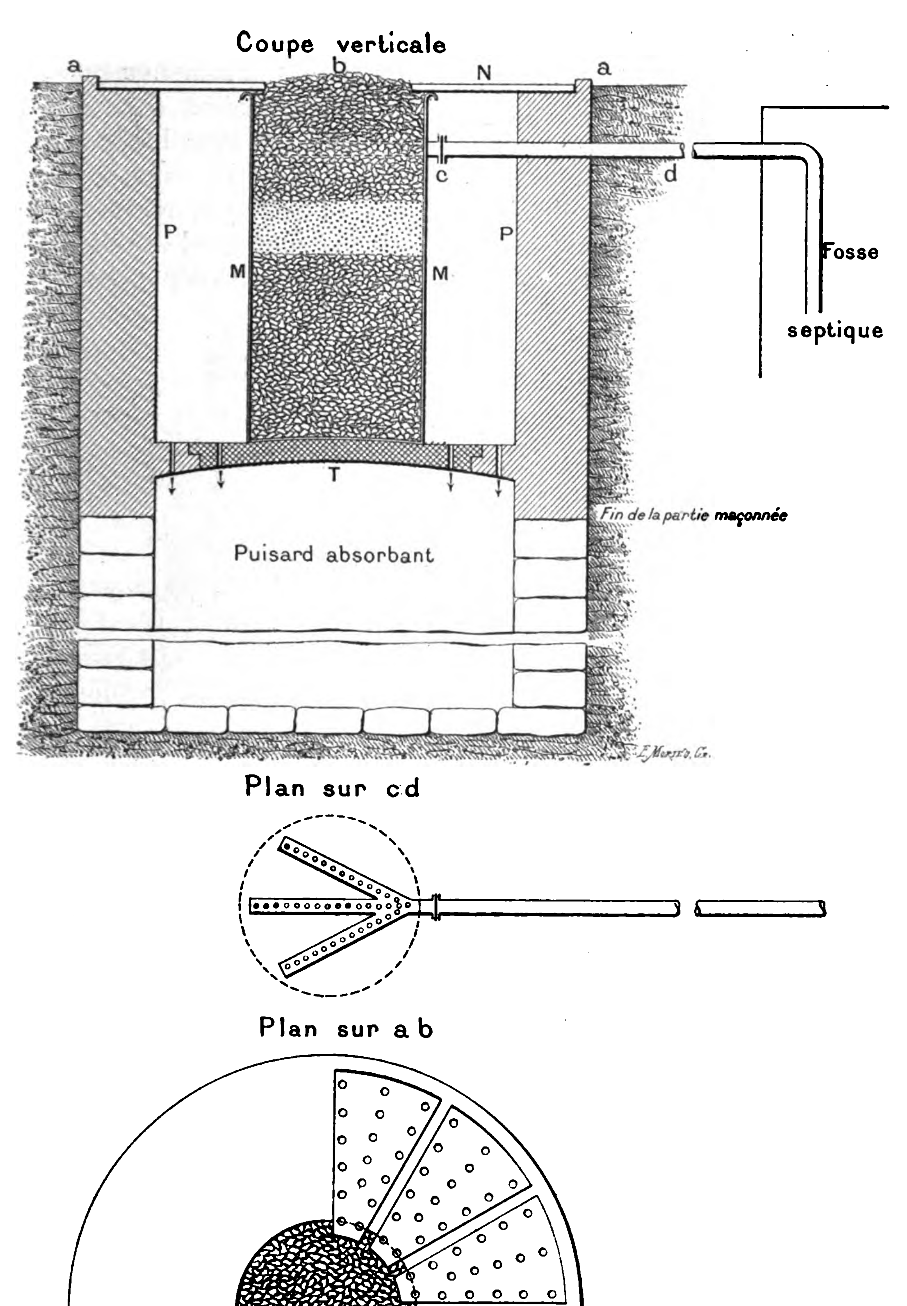


Fig. 10. — Puisard absorbant à aération continue (système E.-S. Auscher).

spéciales les plus favorables à leur activité, aussi bien qu'à leur reproduction, sans se gêner ou se nuire mutuellement ».

Les deux premiers compartiments représentent en réalité deux fosses septiques, communiquant l'une avec l'autre; la première reçoit le tuyau de chute (C *fig.* 11); la seconde est pourvue d'une série de chicanes ou plaques transversales percées de trous alternants (D), dans le but d'empêcher les matières solides d'être entraînées par les remous ou par les dégagements

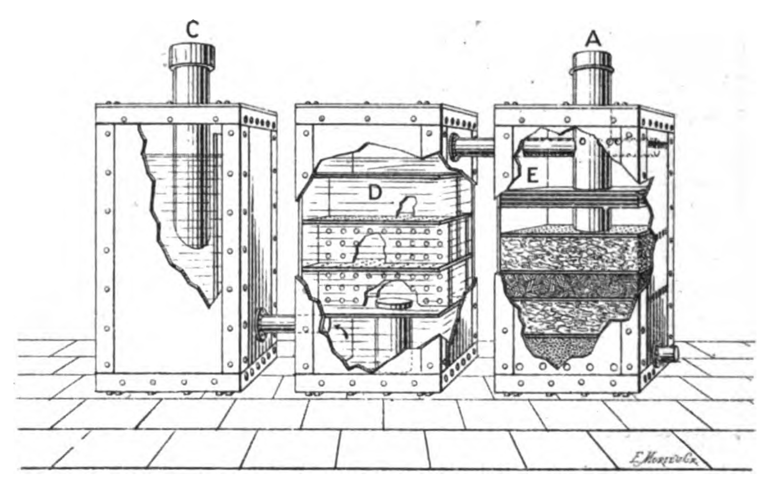


Fig. 11. — Appareil sanito-bactérien (système G.-A. Lucas).

gazeux, sans nuire à la circulation du liquide. Au sortir de la deuxième fosse, celui-ci s'écoule de haut en bas en cascade dans un troisième compartiment, dit *aérateur* (E), sur une série d'étagères perforées qui supportent chacune une couche de matériaux (scories ou graviers) de différentes grosseurs. L'étage inférieur de ce troisième compartiment est une chambre à air dont la communication avec l'air extérieur est assurée par une large cheminée (A).

Nous ne connaissons aucune application de ce système qui nous permette de porter un jugement sur sa valeur pratique. Mais, outre qu'il nous paraît beaucoup trop compliqué, il présente au moins deux défauts qui doivent forcément nuire à son efficacité et le rendre promptement inutilisable. Le premier est qu'il est impossible d'effectuer, sans démonter et vider tout l'appareil, le curage de l'un quelconque de ses comparti-

ments. Le second, plus grave encore, réside dans ce fait que les liquides déversés dans l'*aérateur* y pénètrent au fur et à mesure que se produisent les chasses en C, sans que soient assurées des *intermittences convenables*. Supposons par exemple que deux ou trois chasses arrivent coup sur coup en E, le produit de la seconde et, plus encore, celui de la troisième, traverseront l'aérateur avant que celui de la première ait eu le temps de s'oxyder. Il eût fallu, au moyen d'un dispositif analogue à celui des réservoirs à siphons de chasses automatiques, retenir à la partie supérieure du compartiment E un volume déterminé du liquide sortant des fosses septiques et faire en sorte que ce liquide ne puisse se déverser en cascade que *par intermittences suffisamment espacées* sur les matériaux nitrificateurs.

VII. — **Fosse septique et lit bactérien pour habitations de A. Degoix** (Lille, 42, rue Masséna). — Nous ne reviendrons pas sur la description de cet appareil que nous avons déjà mentionné (vol. II, p. 72). Mais nous croyons utile d'indiquer une modification très avantageuse que l'auteur a cru devoir y apporter et qui consiste, ainsi que l'indique la figure 12, à faire précéder le lit bactérien d'un réservoir de chasse automatique enfermé en vase clos. Le volume de ce réservoir est calculé, suivant l'importance de l'installation, de manière à retenir une quantité d'eau (sortant de la fosse septique) correspondante au produit de plusieurs chasses. On assure ainsi, d'une manière aussi parfaite que possible, l'intermittence des déversements de liquide sur le lit bactérien et ces déversements s'effectuent par une série de jets formant becs pulvérisateurs. Les matériaux du lit ne se trouvent, par suite, jamais noyés et l'air y circule constamment, aspiré de bas en haut par la cheminée d'appel, de telle sorte que l'évacuation de l'acide carbonique provenant des fermentations aérobies d'une part, et l'oxydation des matières fixées par les matériaux du lit d'autre part, s'effectuent dans les meilleures conditions.

Des appareils de ce genre fonctionnent dans plusieurs établissements publics, entre autres au Lycée de Lille et au Lycée de Saint-Omer (*fig.* 13 et 14). Ils donnent toute satisfaction. Les liquides épurés qui s'en échappent ne sont pas putrescibles

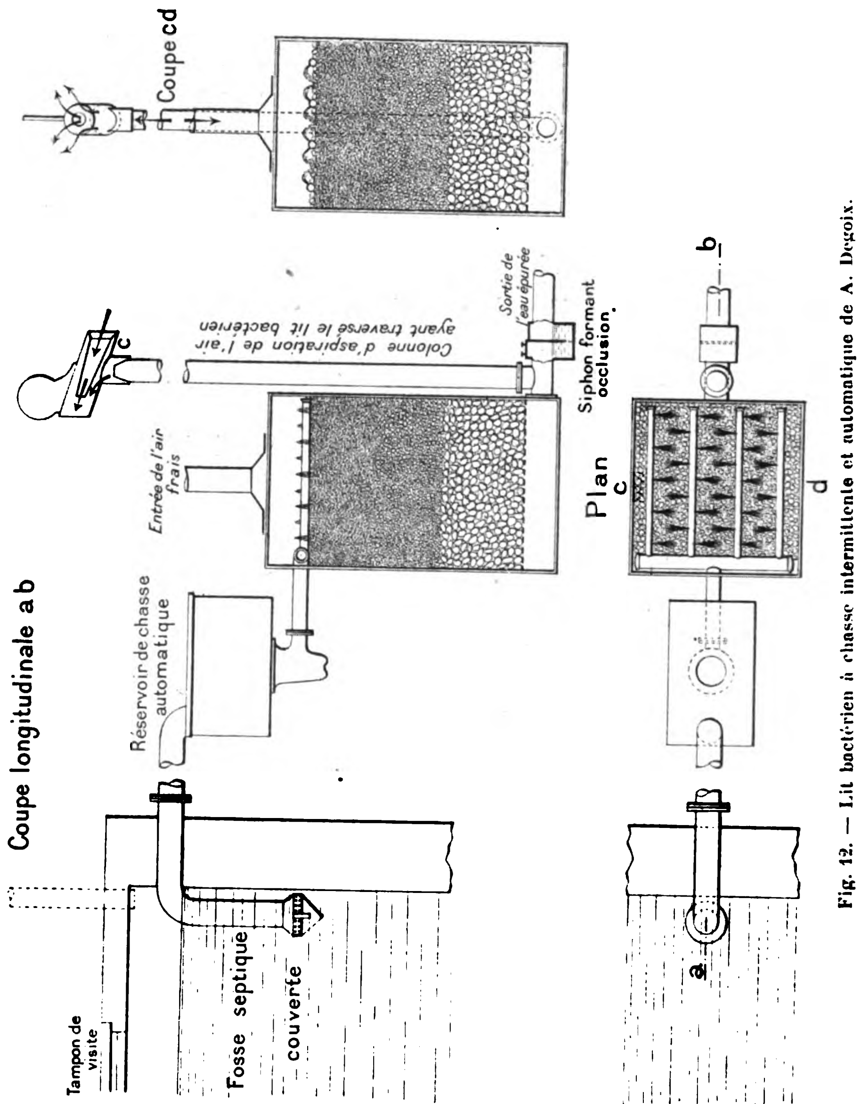


Fig. 12. — Lit bactérien à chasse intermittente et automatique de A. Degoix.
Adaptable aux fosses septiques d'habitations non reliées à un réseau d'égout.

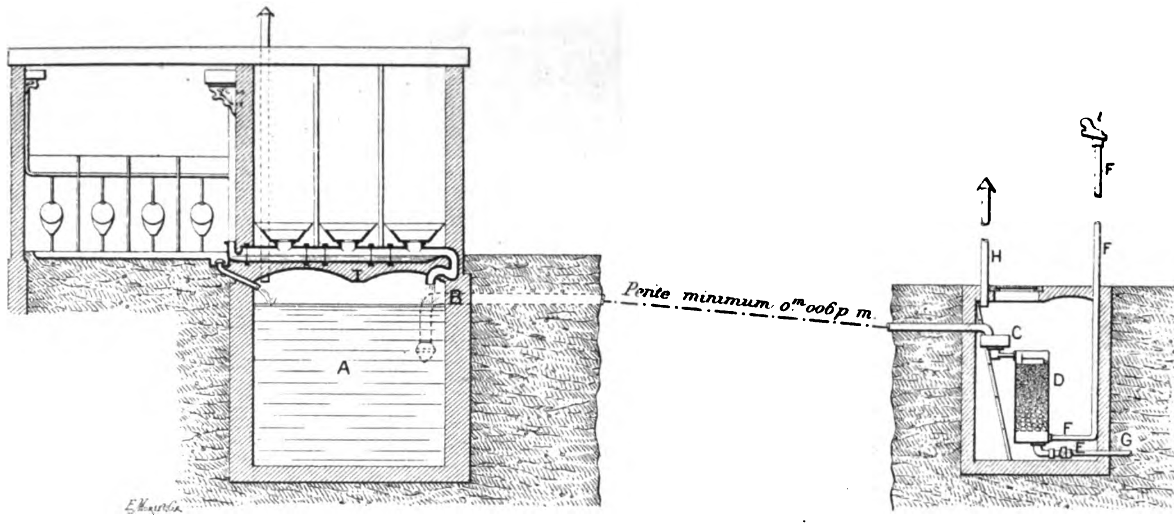
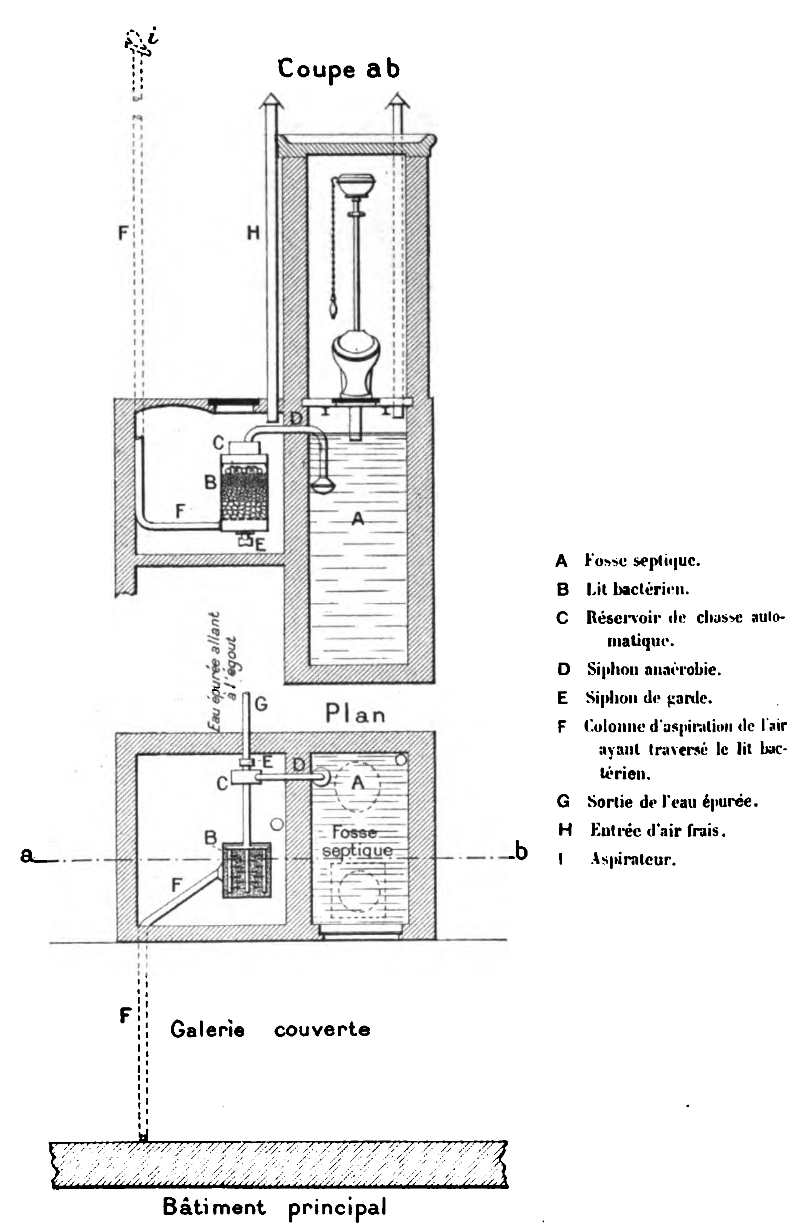


Fig. 13. — Lit bactérien pour habitation.

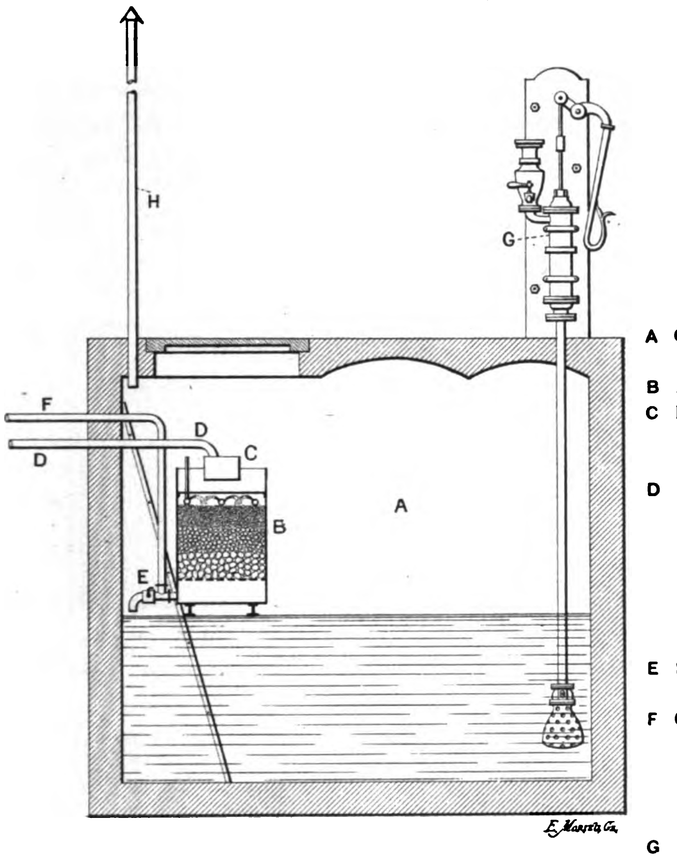
WC à la turque et urinoirs (Lycée de Saint-Omer). Lit bactérien éloigné de 60 mètres de la fosse septique.

- **A** Fosse septique.
- **B** Siphon anaérobie.
- **C** Réservoir de chasse automatique.
- **D** Lit bactérien.
- **E** Siphon de garde.
- **F** Colonne d'aspiration de l'air ayant traversé le lit bactérien.
- **G** Sortie de l'eau épurée.
- **H** Entrée d'air frais.
- **I** Aspirateur.



A Fosse septique.
B Lit bactérien.
C Réservoir de chasse automatique.
D Siphon anaérobie.
E Siphon de garde.
F Colonne d'aspiration de l'air ayant traversé le lit bactérien.
G Sortie de l'eau épurée.
H Entrée d'air frais.
I Aspirateur.

Fig. 14. — Lit bactérien pour habitation isolée.



A Citerne d'eau épurée.
B Lit bactérien.
C Réservoir de chasse automatique.
D Tuyau de raccordement du lit bactérien au siphon anaérobie (fosse septique).
E Siphon de garde.
F Colonne d'asration de l'air ayant versé le lit bactérien.
G Pompe.
H Entrée d'air frais.

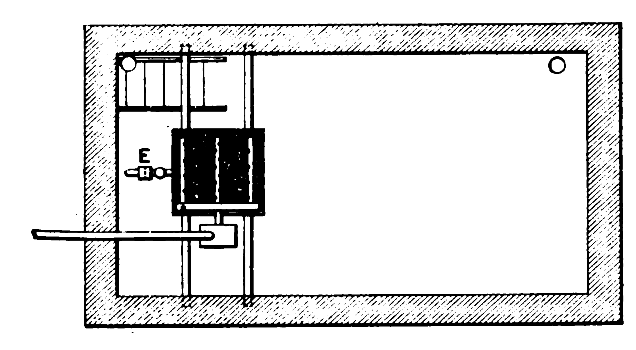
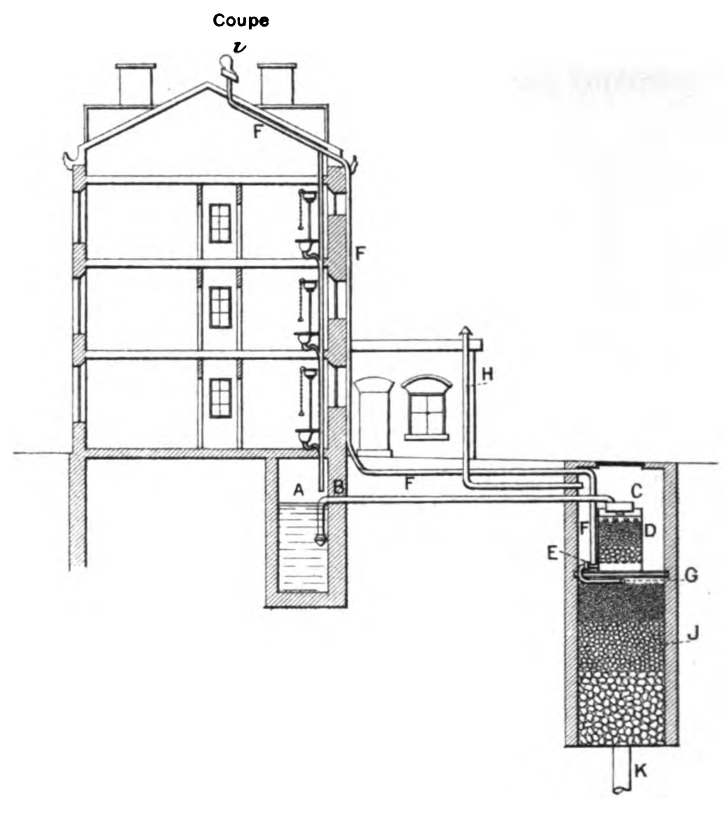


Fig. 15. — Lit bactérien pour habitation avec citerne pour l'eau épurée.



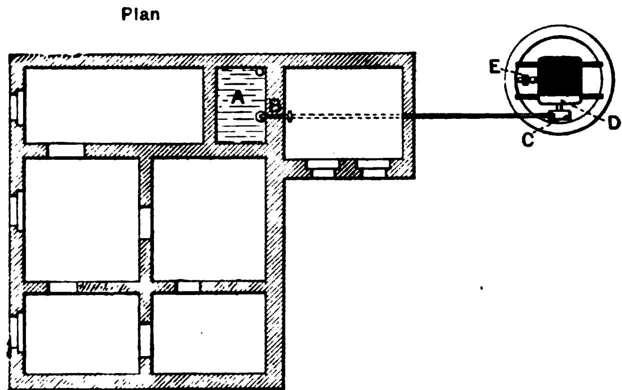


Fig. 16. — Fosse septique et lit bactérien pour habitation isolée d'un réseau d'égout avec évacuation de l'effluent épuré dans un puits perdu K.

A Fosse septique.
B Siphon d'évacuation de la fosse septique.
C Réservoir de chasse automatique et intermittente.
D Lit bactérien.
E Siphon de garde pour l'évacuation de l'eau épurée.
F Colonne d'aspiration de l'air ayant traversé le lit bactérien.
G Sortie de l'eau épurée.
H Entrée de l'air frais pour l'aération du puits perdu.
I Aspirateur à girouette.
J Puits perdu. — Scories.
K Puits perdu. — Forage.

et contiennent une quantité de nitrates variant de 30 à 125 milligrammes par litre, ce qui indique une excellente épuration.

Pour les installations faites à la campagne, il est évidemment possible de tolérer le déversement de telles eaux soit dans des bassins, pour qu'elles puissent être utilisées à l'arrosage des cultures (*fig.* 15), soit dans des puisards absorbants remplis de scories et pourvus d'un dispositif d'aération, comme l'indique la figure 16, analogue à celui que propose M. *E.-S. Auscher* (de Versailles).

Dans ces conditions, les nappes aquifères souterraines ne risquent guère d'être contaminées. Aucun des appareils actuellement connus et employés pour l'épuration des eaux-vannes et des matières de vidange dans les maisons particulières, ne paraît présenter plus de garanties de bon fonctionnement et de salubrité.

Il est particulièrement intéressant et recommandable pour les pays chauds, car il permet d'éviter complètement la pullulation des moustiques et autres insectes ailés, si l'on prend la simple précaution de garnir de doubles toiles métalliques fines les ouvertures de tuyaux de chute et des cheminées d'aération du lit bactérien.

CHAPITRE XVII

RÈGLES GÉNÉRALES POUR L'ÉTABLISSEMENT DES FOSSES SEPTIQUES ET DES LITS BACTÉRIENS POUR HABITATIONS ISOLÉES

Quel que soit le système auquel on veuille s'adresser pour réaliser l'épuration des eaux d'égout d'une habitation privée ou collective lorsque l'effluent doit être évacué, soit dans un réseau de canalisations urbaines, soit dans un puisard absorbant ou dans un cours d'eau, il est certaines règles que nous croyons nécessaire de préciser et dont on ne devra jamais se départir.

1° Fosses septiques. — Elles devront être construites en maçonnerie cimentée à l'intérieur et parfaitement étanches, ou mieux en ciment armé, ou encore en métal pour les appareils de petites dimensions.

La capacité de la fosse sera de 10 fois le volume qu'elle peut être appelée à recevoir journellement.

Si cette fosse ne doit recevoir que le produit des water-closets, il faut, autant que possible, utiliser pour ces derniers des appareils à effets d'eau débitant 10 litres par chasse.

On compte alors, en moyenne, 25 litres par personne et par jour pour les habitations privées ; 15 litres seulement pour les habitations collectives (casernes, collèges, prisons, etc...) et 15 litres de plus dans les deux cas pour les eaux de toilette.

Si l'on veut y joindre les eaux de lavage de cuisine et autres, on ajoutera encore 6 litres par personne et par jour. Toutefois, comme ces eaux renferment beaucoup de graisses, il faut augmenter la capacité de la fosse septique et la porter à 20 fois le volume total journalier.

On se gardera d'admettre en fosse septique les eaux des *bains* et celles des *buanderies*, car l'afflux irrégulier et important,

correspondant à la capacité d'une baignoire et arrivant tout d'un coup dans la fosse, apporterait une perturbation dans le travail des bactéries. D'ailleurs ces eaux, comme celles des buanderies, peuvent s'écouler à ciel ouvert sans inconvénients et être simplement filtrées sur gravier avant leur rejet dans les cours d'eau.

A titre d'exemple, une fosse septique correspondant à une famille de six personnes aurait les dimensions ci-après :

1° $6 \times 25 \times 10 = 1^{m^3},500$, si elle ne reçoit que les W.-C.

2° $6 \times 40 \times 10 = 2^{m^3},400$, si elle reçoit en plus les eaux de toilette.

3° $6 \times 20 \times 46 = 5^{m^3}.520$, si elle reçoit en outre les eaux-vannes de cuisine et de lavage.

La fosse septique doit avoir une profondeur de 2 à 3 mètres. Elle doit être munie d'une trappe de visite (ordonnance de police) et d'un tuyau de ventilation de 100 millimètres, en zinc ou en fonte, allant jusqu'au toit (la fonte est indispensable dans la traversée des maçonneries). Ce tuyau a pour objet, contrairement à ce qui a été fait pour les fosses *Mouras*, d'éviter que les gaz provenant de la décomposition des matières organiques se mettent en pression dans la fosse.

Les tuyaux de chute des matières doivent plonger de $0^{m}.050$ millimètres en dessous du niveau du liquide dans la fosse ; une plus grande plongée entraîne des inconvénients dans le fonctionnement des W.-C.

Lorsque les appareils de W.-C. ne sont pas des appareils de chasse donnant environ 10 litres d'eau par chasse, il devient nécessaire d'ajouter un volume d'eau suffisant pour former le débit journalier de 20 litres par personne et par jour. On arrive à ce résultat soit par un écoulement continu, soit par un siphon de chasses automatiques et intermittentes, communiquant avec un réservoir d'eau.

2° **Lit bactérien.** — On doit toujours faire précéder le lit bactérien d'un réservoir de chasse automatique ou de tout autre dispositif permettant d'assurer l'*intermittence des déversements* et la *régularité de l'épuration.*

Tout l'ensemble de l'installation doit être fermé pour éviter le dégagement des odeurs.

La hauteur des scories dans le lit bactérien ne sera pas moindre de 1m,10 et la différence de niveau entre la sortie de la fosse septique et la surface des scories sera d'environ 0m,60. Il faut ajouter à ces chiffres 0m,10 pour l'évacuation de l'effluent, soit au total 1m,80.

Si la configuration du sol permet d'augmenter la hauteur du lit jusqu'à 1m,75 ou 2 mètres, on n'hésitera pas à en profiter.

Les dimensions du lit bactérien en surface seront déterminées sur la base d'une épuration de 0m³,500 par mètre carré et par jour.

Donc, pour une famille de 6 personnes, le lit aura respectivement, dans chacun des cas prévus ci-dessus au sujet de la fosse septique :

1° $\frac{0,150}{0,500} = 0^{m^2},30.$

2° $\frac{0,240}{0,500} = 0^{m^2},48.$

3° $\frac{0,276}{0,500} = 0^{m^2},55.$

Le tuyau de rentrée d'air frais, amenant l'air à la surface du lit, aura 0m,150 de diamètre. Il sera, en principe, le moins haut possible s'il s'agit d'habitations isolées ; mais, dans les agglomérations, on l'élèvera à 2m,50 de hauteur, en l'éloignant de 5 mètres environ de toute fenêtre ouvrante.

Le tuyau d'aspiration, entraînant les gaz pris sous le lit bactérien, aura également 0m,150 de diamètre, s'élèvera à la hauteur du toit et sera surmonté d'une girouette aspiratrice.

La répartition du liquide à la surface du lit bactérien peut s'effectuer, soit par des rigoles distributrices à trous ou à fentes, soit avec un dispositif de tuyaux perforés à leur partie supérieure tous les 3 ou 5 centimètres et fonctionnant sous la pression du réservoir de chasse automatique.

L'évacuation de l'effluent épuré se fera par une canalisation quelconque en grès ou en fonte. Il sera toujours utile de prévoir, à son départ, l'installation d'un petit réservoir de 2 ou 3 litres de capacité permettant de recueillir des échantillons d'eau épurée et de vérifier de temps en temps, par des analyses, l'efficacité du système.

CHAPITRE XVIII

NOUVEAUX APPAREILS DE DISTRIBUTION AUTOMATIQUE POUR LITS BACTÉRIENS

1° Distributeur Farrer. — Cet appareil, combiné surtout pour desservir les petites installations particulières isolées, telles que *hôpitaux*, *collèges*, *maisons de campagne*, consiste en une gouttière de fer galvanisé en forme de V et divisée longitudinalement en deux moitiés. Cette gouttière, maintenue horizontale par deux supports, peut basculer alternativement

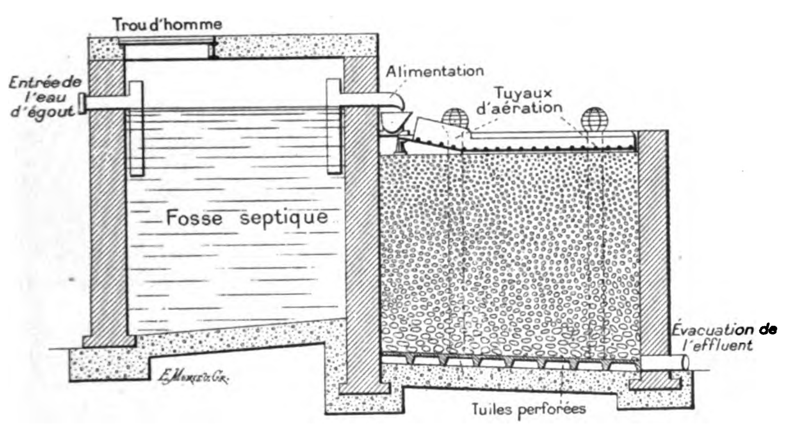


Fig. 17. — Distribution automatique de *Farrer* (coupe longitudinale).

à droite et à gauche. Lorsque le liquide sortant de la fosse septique a rempli l'une de ses moitiés, le centre de gravité de celle-ci est déplacé : elle bascule, et l'autre moitié vient alors se présenter vide au remplissage.

De chaque côté de la gouttière et reposant directement sur le lit bactérien, est fixé tout un système de canaux de distribution formant *chutes concentriques*. Chaque chute déverse une partie du flot dans une nochère répartitrice dentelée et

perforée de trous agencés de telle sorte que la surface entière du lit reçoive le même volume d'eau à épurer.

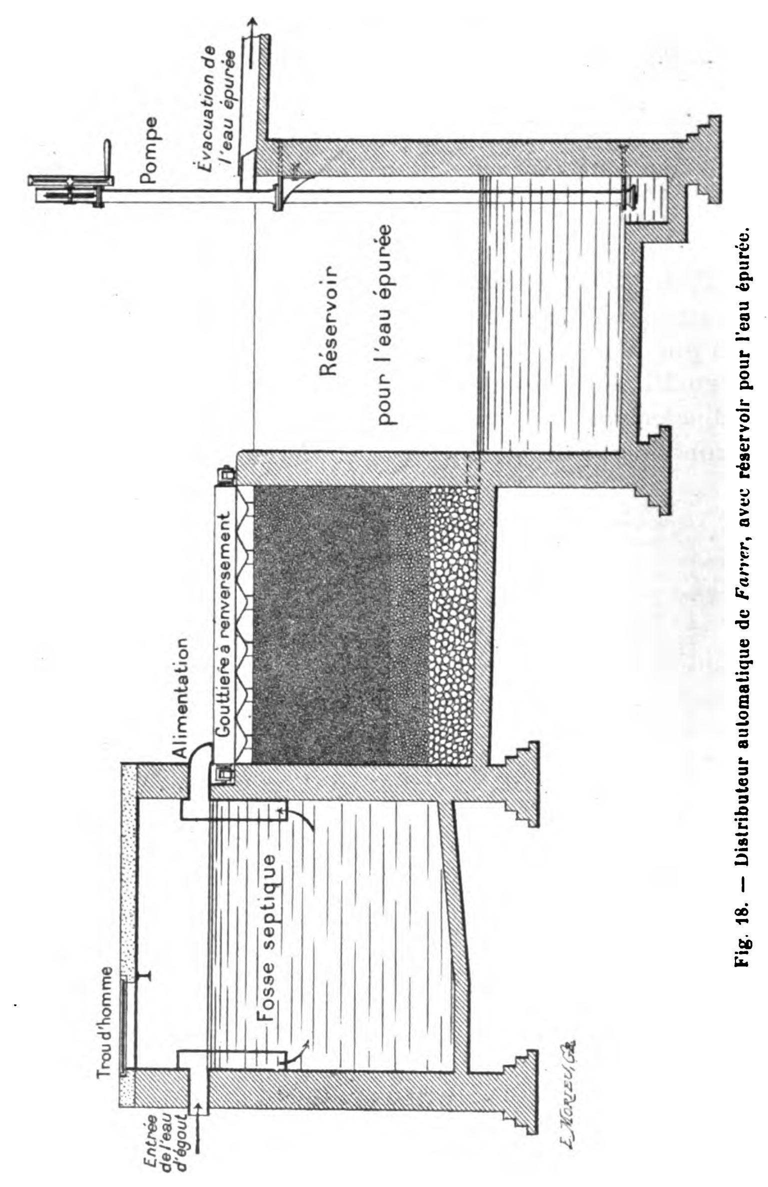


Fig. 18. — Distributeur automatique de *Farrer*, avec réservoir pour l'eau épurée.

Lorsque la distribution s'effectue sur un côté du lit, l'autre s'aère et inversement.

La figure 17 montre un petit dispositif de ce genre dont les dimensions sont calculées pour traiter 730 litres par jour, soit, largement comptée, la quantité d'eaux-vannes produite par cinq personnes. Le lit bactérien a 2 mètres × 1 mètre et travaille à raison de 370 litres par mètre carré et par jour.

La fosse septique a une capacité d'environ 1.500 litres, représentant le sewage total de 2 jours. Elle est couverte, et

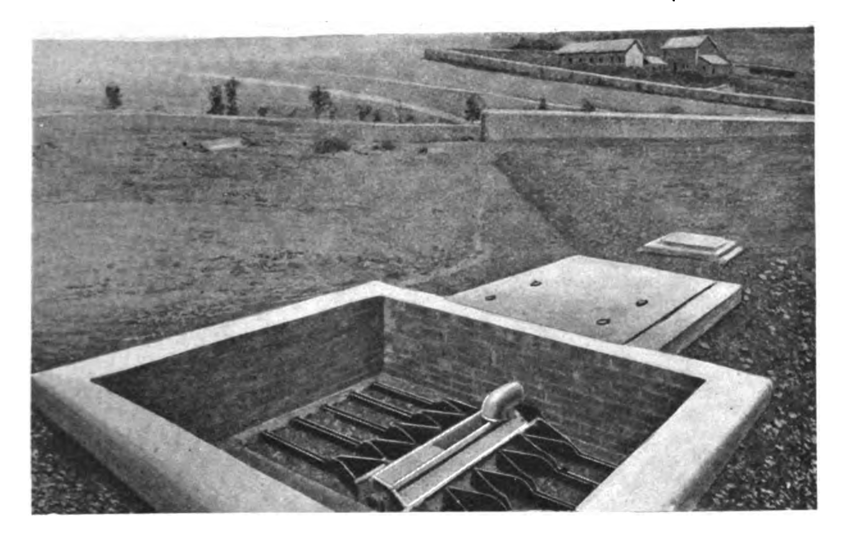


Fig. 19. — Distributeur automatique à renversement de *Farrer*; plan d'installation pour maisons, hôpitaux, etc.

son plafond est muni d'un trou d'homme permettant les dragages éventuellement nécessaires.

La section du lit bactérien montre les détails de sa construction. On voit qu'il repose sur une sole de tuiles perforées, sous lesquelles l'air extérieur parvient aisément grâce à deux tuyaux d'aération en terre cuite. Ceux-ci viennent déboucher à l'extérieur tout auprès de la surface du lit.

Lorsque les circonstances ne permettent pas de disposer d'une chute suffisante, on peut adopter la disposition que représente la figure 18. Les eaux épurées sont alors reçues dans un bassin spécial (réservoir pour l'eau épurée) placé en

contre-bas du lit bactérien et, dès que leur niveau atteint celui de la sole du lit, on les évacue à l'extérieur à l'aide d'une pompe.

Les figures 19 et 20 montrent ce système appliqué à des installations plus importantes. On peut le voir fonctionner

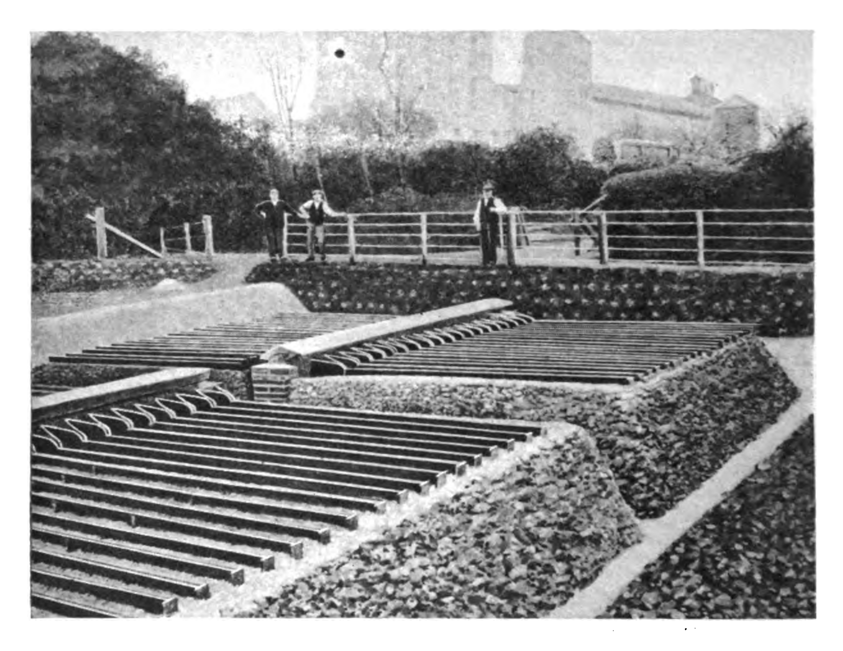


Fig. 20. — Distributeur automatique à renversement de *Farrer*, à *West Stoneham Union*, près Southampton.

près de *Southampton*, à *West Stoneham Union*, ou encore à *Thornbridge Hall*, près de *Bakewell* (Derbyshire).

Le distributeur *Farrer* est construit par M. *William E. Farrer*, *Star Works*, *Cambridge street*, à *Birmingham*.

2° **Distributeur « va et vient » de Ham-Baker.** — MM. *Ham, Baker et C°* (13 *Grosvernor road*, *Westminster*, *Londres S. W*) ont construit récemment un distributeur spécialement agencé pour desservir les lits bactériens rectangulaires.

Ce distributeur est alimenté par un canal latéral au lit et ouvert à l'air libre, dans lequel plonge un siphon qui amène l'eau, au moyen de deux tuyaux parallèles, alternativement de

chaque côté d'un long cylindre formant moulin comme le *Fiddian* (voir vol. I, p. 141, fig. 11 et 12).

Une valve à renversement est fixée sur l'extrémité de l'appareil, à la base du siphon d'alimentation. Elle dirige l'eau à épurer, tantôt dans le tuyau longitudinal droit, tantôt dans le gauche, et le renversement du courant s'effectue chaque fois qu'une tige qui commande la valve vient buter sur un obstacle fixe placé à chaque extrémité du lit. Le distributeur alimente ainsi successivement et régulièrement, d'avant en arrière,

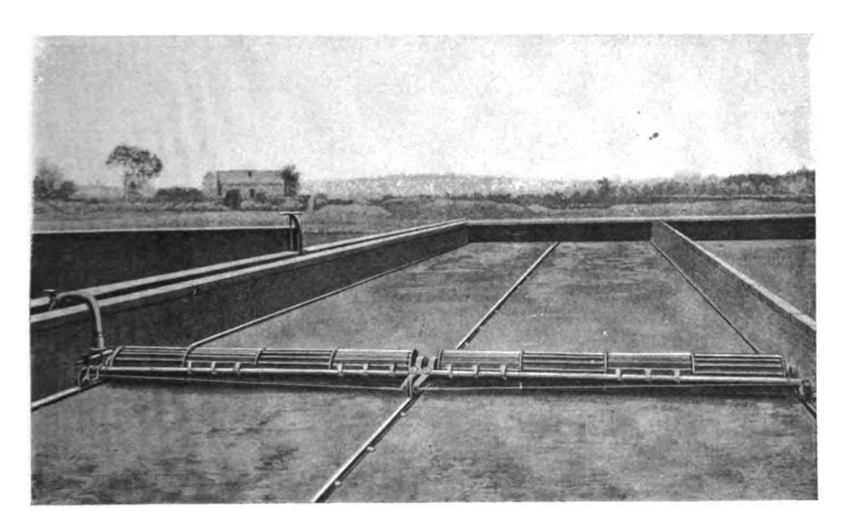


Fig. 21. — Distributeur automatique « *va et vient* » de *Ham Baker* à *Wednesbury*, près *Birmingham*.

toute la surface du lit. Son débit peut varier suivant le calibre et l'ouverture du siphon. Il n'est pas susceptible de s'obstruer, puisque l'eau est simplement déversée dans les augets, et les vents les plus violents ne gênent pas sa marche. Il présente à cet égard des avantages incontestables sur les *sprinklers* ou *tourniquets hydrauliques* (vol. I, p. 139, fig. 9 et 10).

On peut voir fonctionner cet appareil, que représentent les figures 21 et 22, à *Wednesbury* (*Bescot junction station*, *près Birmingham*) à *Bolton*, à *Bradford* et à *Wolverhampton*.

3° **Valve automatique de Ham, Baker et C° pour l'alimentation intermittente des lits bactériens.** — Les mêmes construc-

teurs ont établi, pour l'alimentation intermittente des lits bactériens, un système fort ingénieux de valve automatique qui peut trouver dans beaucoup de cas son emploi avantageux.

Cette valve, représentée dans la figure 23, en *V* dans sa position fermée, est traversée par une tige qui porte, à son extrémité supérieure, un poids métallique P. Ce poids est relié par une chaîne à un bras de levier L monté sur un couteau de suspension. La branche courte du bras de levier est articulée

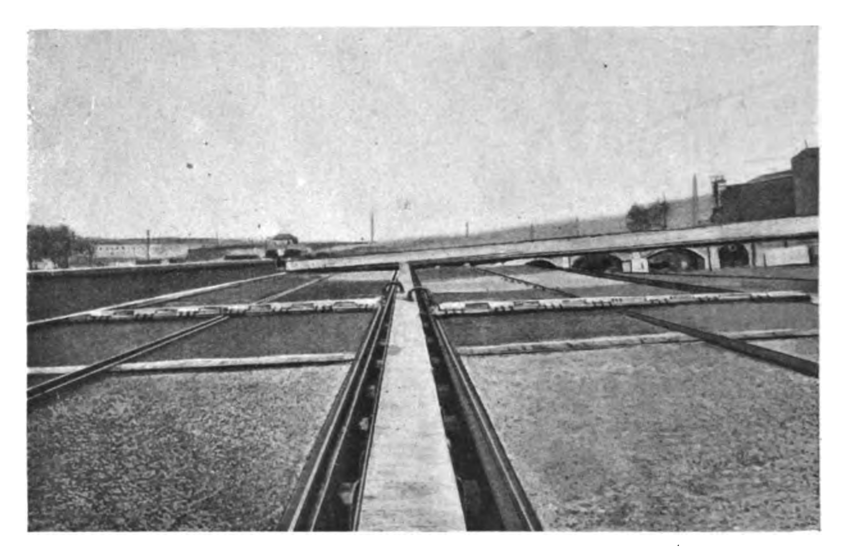


Fig. 22. — Distributeur automatique « *va et vient* » de *Ham-Baker*, à *Bradford*, sur lit double.

à un récipient métallique R destiné à former contrepoids. Lorsque le niveau de l'eau d'égout dans le canal d'amenée C atteint son maximum en *m*, la goulotte *g* remplit le récipient R et le poids de l'eau qui s'y accumule fait alors basculer le levier L sur son couteau de suspension ; la vanne V s'ouvre et l'eau à épurer se précipite dans le tuyau T pour aller desservir soit un *sprinkler*, soit tout autre appareil de distribution mécanique. Quand le niveau de l'eau est ramené à *n* dans le canal C, la valve se referme automatiquement sous l'action du poids P, et le liquide que contenait le récipient R se vide par la petite tubulure *t* et par l'orifice *o* dans le tuyau T qui, à ce moment, est vide.

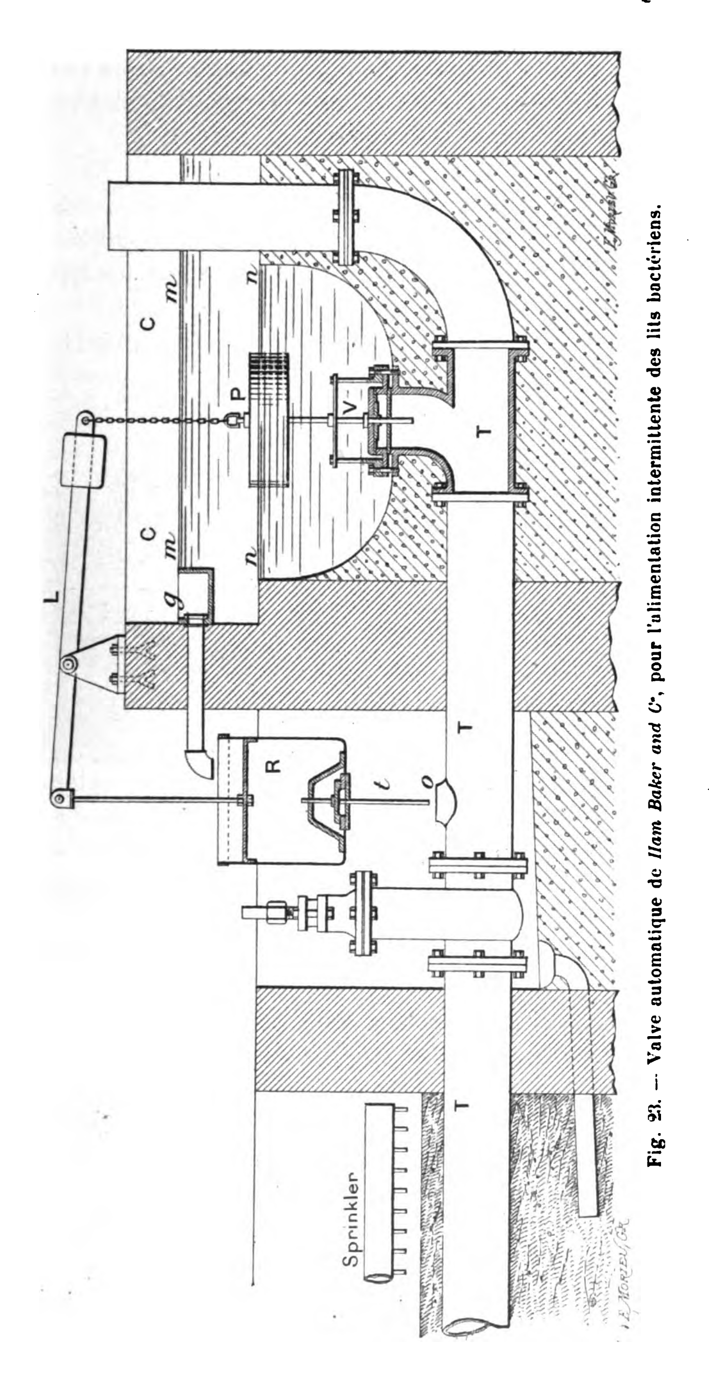


Fig. 23. — Valve automatique de *Ham Baker and Cie*, pour l'alimentation intermittente des lits bactériens.

La robustesse et la simplicité de cet appareil permettent de l'utiliser dans des installations importantes. Nous l'avons vu fonctionner à *Chester* et l'ingénieur chargé de la station d'épuration s'en est affirmé très satisfait.

4° **Becs pulvérisateurs ou « Fixed spray jets »**. — Plusieurs types de becs pulvérisateurs ont été imaginés pour épandre régulièrement l'eau d'égout en pluie fine sur les lits bactériens. Nous avons déjà décrit dans notre volume I (p. 135, fig. 7) celui qui est employé à *Chesterfield*, et volume II (p. 123,

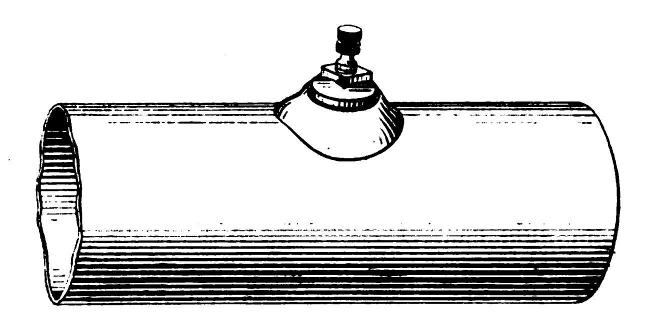


Fig. 24. — Bec pulvérisateur ou « *Fixedspray jet* » de *Ham Baker and C°*.

fig. 32) celui de M. *Joseph Corbett*, utilisé à la station d'épuration de *Salford*.

A *Birmingham*, où ce système de distribution est employé sur la plus vaste échelle, on a adopté le *fixed spray jet* de *Ham, Baker et C°* que représentent les figures 24 et 25.

Ces becs pulvérisateurs sont constitués par un ajutage à double couronne concentrique, qui s'emboîte au moyen d'un simple dispositif à baïonnette dans des orifices percés sur les tubes de distribution. Ils présentent, par suite, de grandes commodités pour le nettoyage en cas d'obstruction. Ils obligent l'eau à jaillir en deux cônes concentriques divergents, de telle sorte que la surface du lit est mieux utilisée et que l'aération est plus parfaite.

Ces becs peuvent lancer, sous forme de *spray*, plus de 5 mètres cubes et demi d'eau par hectare et par 24 heures, sous une pression moyenne de 1m,80, mais qui ne doit pas être inférieure à 1m,50.

Ils sont disposés de préférence en quinconce et espacés les

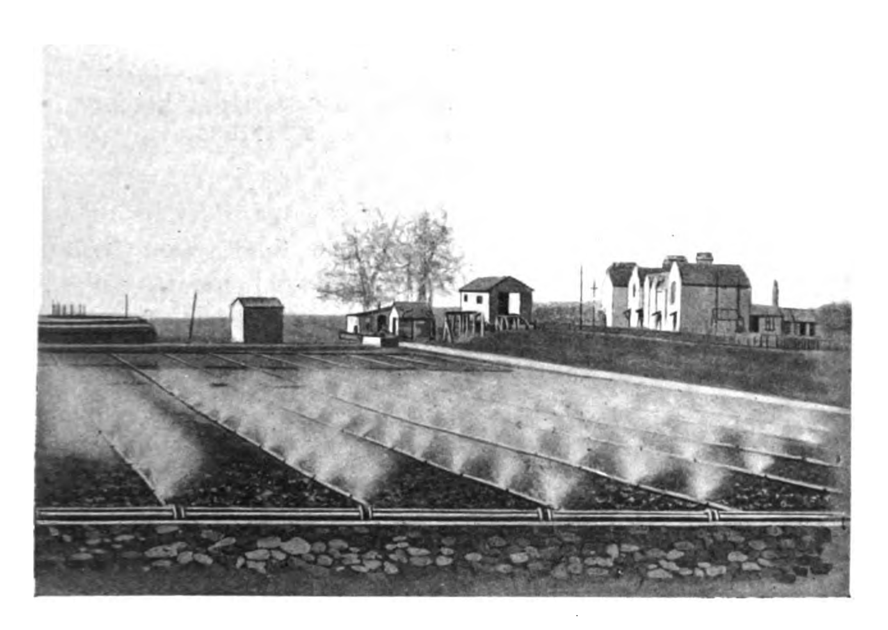


Fig. 25. — Becs pulvérisateurs ou « *fixed spray jets* », de *Ham Baker*, sur lits à percolation, de *Birmingham*.

uns des autres de 3 à 4 mètres, suivant la pression à laquelle on les alimente.

CHAPITRE XIX

DÉCANTATION ET SÉPARATION MÉCANIQUE DES MATIÈRES SOLIDES AVANT FERMENTATION EN FOSSES SEPTIQUES

1° Séparation mécanique. — Une des conditions les plus essentielles pour que les fosses septiques fonctionnent bien est d'éviter que les matières solides de dimensions supérieures à 3 centimètres y pénètrent. On doit donc assurer aux eaux d'égout une décantation convenable avant leur admission dans ces fosses, et cette décantation doit avoir

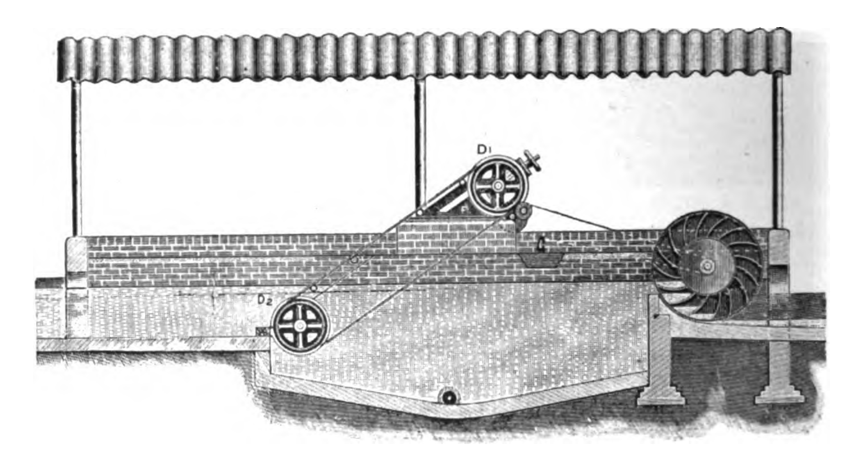


Fig. 26. — Coupe schématique de grilles roulantes de J. *Smith*.

pour objet, non seulement d'arrêter les corps volumineux dont la dissolution par les actions microbiennes serait trop lente, mais aussi d'empêcher que les matières minérales insolubles et lourdes, sables, graviers, scories, débris métalliques, viennent encombrer les fosses, diminuer leur capacité volumétrique utile et rendre nécessaires de trop fréquents dragages.

On a imaginé un grand nombre d'appareils qui répondent à ce but, mieux que ne le peuvent faire les simples grilles à peignes mécaniques, bien connues en France, et qu'on peut voir fonctionner à l'usine de refoulement des eaux d'égout de *Paris*, à *Clichy*.

Les grilles placées devant les pompes, à *Clichy* et dans toutes les installations un peu anciennes, consistent généralement en barreaux de fer inclinés à angle de 30 à 45° et espacés

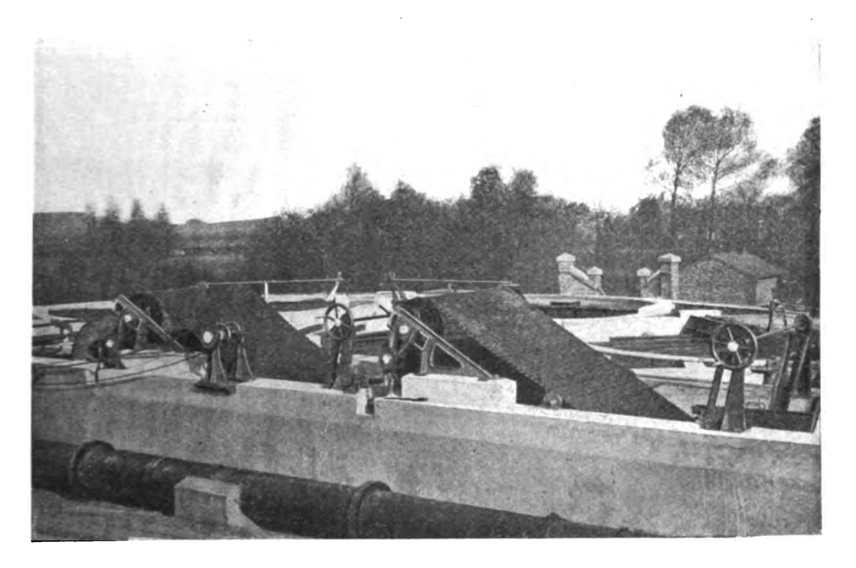


Fig. 27. — Grilles roulantes de *J. Smith*, à *Chester*.

de 15 à 40 millimètres. En amont de ces grilles l'eau traverse des puits où les matières les plus lourdes s'accumulent et d'où elles sont enlevées par des corbeilles ou dragues mécaniques.

Les grilles sont constamment maintenues libres au moyen de peignes ou rateaux mobiles qui s'engagent entre leurs barreaux pour en extraire les dépôts.

D'autres dispositifs sont constitués par des grilles mobiles. Tel est le système de *Schneppendahl*, formé de plusieurs grilles rotatives entraînées par le courant et nettoyées automatiquement.

Mais ces appareils laissent encore passer des corps trop

volumineux qu'il faut chercher à séparer autant que possible.

Celui qui nous paraît le mieux répondre aux besoins spéciaux de l'épuration biologique est le tamis rotatif de *John Smith et C°*, de *Carshalton* (*fig.* 26), que nous avons vu fonctionner à *Chester* (*fig.* 27), à *Birmingham* (*fig.* 28), à *Bradford* et à *Nuneaton*.

Ce tamis, placé à la façon d'une large courroie sur deux

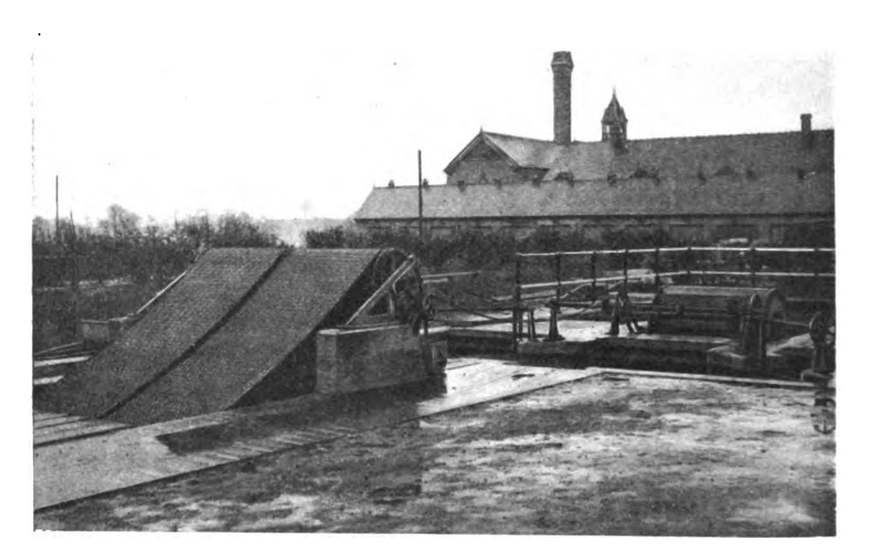


Fig. 28. — Grilles roulantes de *J. Smith*, à *Birmingham*.

cylindres mobiles, est mis en mouvement par le courant d'eau d'égout. Les matières en suspension sont enlevées par une brosse tournante et envoyées dans une gouttière spéciale C, d'où une vis sans fin peut les conduire automatiquement au dehors et les déverser dans des wagonnets ou des chariots.

L'appareil de *Herzberg*, à *Göttingen*, est tout à fait analogue.

Celui de *Latham*, à *Croydon*, consiste en un tamis circulaire, également mû par l'eau d'égout et placé perpendiculairement au courant (*fig.* 29). Les matières en suspension sont enlevées au moyen de brosses.

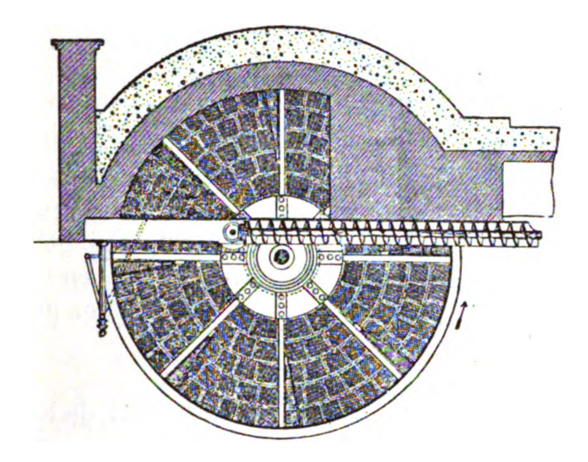


Fig. 29. — Séparateur vertical de *Latham*, à *Croydon*.
(*Placé perpendiculairement au courant et mû par celui-ci.*

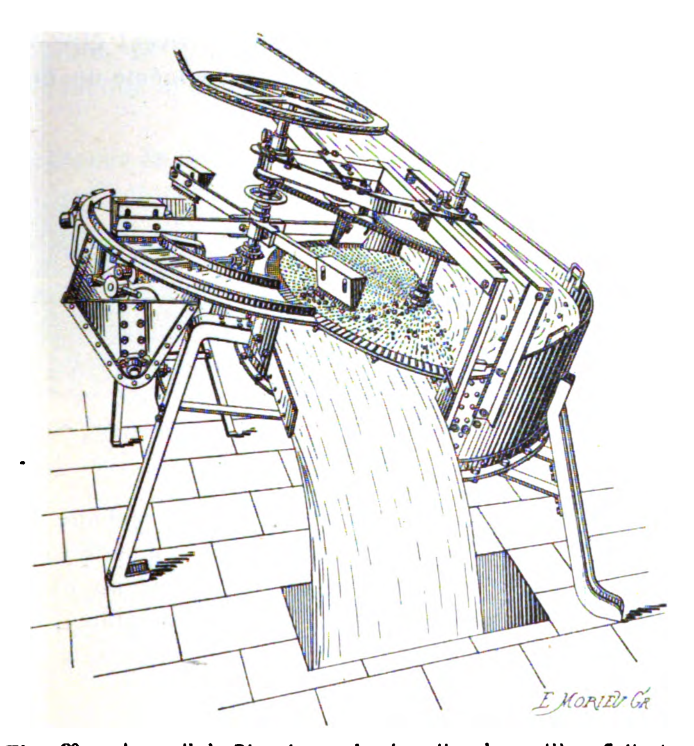


Fig. 30. — Appareil de *Riensch* pour la séparation des matières flottantes
(d'après *Dunbar*).

L'appareil de ***Friedrich*** est analogue au précédent, mais le tamis est horizontal au lieu d'être vertical.

L'appareil de ***Riensch*** est également du même type (*fig.* 30). Il se compose d'un tamis circulaire presque horizontal et animé d'un mouvement de rotation. L'eau d'égout arrive à la surface de ce tamis et le traverse en se débarrassant des corps en suspension, qui sont eux-mêmes enlevés par des brosses.

Citons enfin le *Segregator* de ***Weand*** appliqué à *Reading* (Pensylvanie), que nous décrirons en détails en même temps que la station d'épuration de cette ville, dans un autre chapitre.

2° **Fosses à sable.** — Comme complément de la séparation mécanique, les fosses septiques doivent être précédées de fosses à sables, dont la capacité variera suivant que les eaux d'égout entraînent une plus ou moins grande proportion de substances minérales. Lorsque la canalisation urbaine est du système séparatif, ces fosses à sable peuvent être de très petites dimensions (un cinquantième ou même un centième

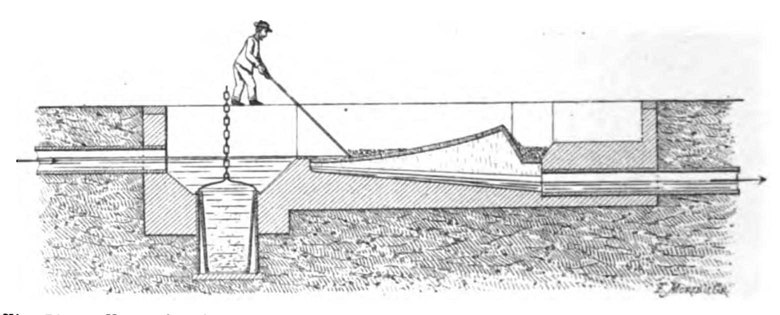


Fig. 31. — Fosse à sable à panier mobile de la *Allgemeine Städtereinigungsgesellschaft* (d'après *Dunbar*).

de la capacité des fosses septiques). Avec le système unitaire, elles devront avoir un vingtième de cette capacité ; car alors les eaux d'égout apportent une masse importante de détritus provenant du lavage des rues par les grandes pluies.

On peut donner à ces fosses à sable les formes les plus diverses.

La Société Générale pour l'assainissement des villes (*Allgemeine Städterreinigungsgesellschaft*) a adopté un dispositif en

forme de puits dans lequel plonge un panier qu'on peut soulever à volonté pour en opérer la vidange (*fig.* 31). Cette disposition est très répandue en Allemagne.

Dans le système de *Schneppendahl*, les fosses à sable reçoivent des récipients percés de trous qu'on enlève mécaniquement pour les vider.

On emploie parfois aussi le vide pour l'aspiration des sables déposés dans les fosses (*Cologne*).

La plupart des installations des grandes villes consistent en fosses à fond horizontal, que l'appareil débourbeur peut racler sur toute son étendue. Par exemple, à *Birmingham*, le débourbeur est mobile sur rails et peut enlever les dépôts au moyen d'une grue mécanique sur tous les points de la fosse.

A *Dresde*, l'installation faite par le système de *Riensch* comprend, pour le traitement de 43.000 mètres cubes d'eau d'égout par jour, une fosse à sable à fond horizontal, circulaire, de 6 mètres de diamètre, portant à l'intérieur une deuxième chambre à sable concentrique, beaucoup plus petite et ouverte en un point de la paroi. Cette disposition brise le courant d'eau et facilite le dépôt des corps lourds.

3° **Appareils de décantation.** — Les recherches les plus intéressantes effectuées sur ces procédés dans ces dernières années sont celles de *Steuernagel*, à *Cologne*, de *Bock* et *Schwartz*, à *Hanovre*, et de *Schmidt*, à *Oppeln*.

Steuernagel a constaté que le fond des bassins de décantation doit être incliné *en sens inverse du courant et non pas dans le sens du courant*. Ses expériences ont été effectuées sur les bassins de décantation de *Cologne*. Ces bassins, longs de 45 mètres, présentent, au point d'arrivée des eaux, une fosse à boues vers laquelle s'incline le fond du bassin, en sens inverse du courant. Dans ces conditions, avec une vitesse de courant de 4 millimètres à la seconde, les bassins retiennent 72,31 pour 100 des matières en suspension. Avec un courant de 20 millimètres à la seconde, ils retiennent encore 69,08 pour 100 de ces matières. Avec 40 millimètres, la proportion s'abaisse à 58,9 pour 100.

On a constaté en outre que, pour la vitesse de 4 millimètres à la seconde, 70,7 pour 100 des boues sont retenues dans la

fosse à boues et que 29,3 se répartissent sur le fond du bassin. A 20 millimètres la fosse ne recueille plus que 51 pour 100 des boues et 49 pour 100 se répandent dans le bassin. A 40 millimètres la fosse à boues retient 45 pour 100, le bassin 55 pour 100.

On a recueilli pour 1000 mètres cubes d'eau, avec un courant de 4 millimètres par seconde, 4^{mc},04 de boues ; avec un courant de 20 millimètres, 2^{mc},474 ; avec un courant de 40 millimètres, 1^{mc},838. Et on a calculé que la teneur en eau de ces boues était la suivante :

	Eau 0/0.	Substance sèche.
	—	—
Avec un courant de 4 mm. par seconde. .	95,57	4,43
— 20 — — .	92,87	7,13
— 40 — - .	91,34	8,66

Dans ces conditions, si l'on compare les quantités de matières sèches retenues par un courant de 4 millimètres à la seconde et un courant de 40 millimètres, on voit que ces

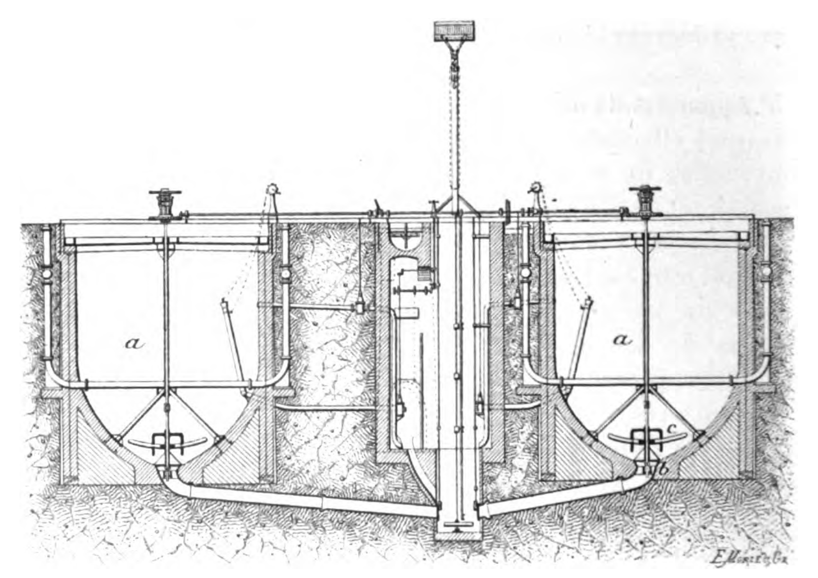
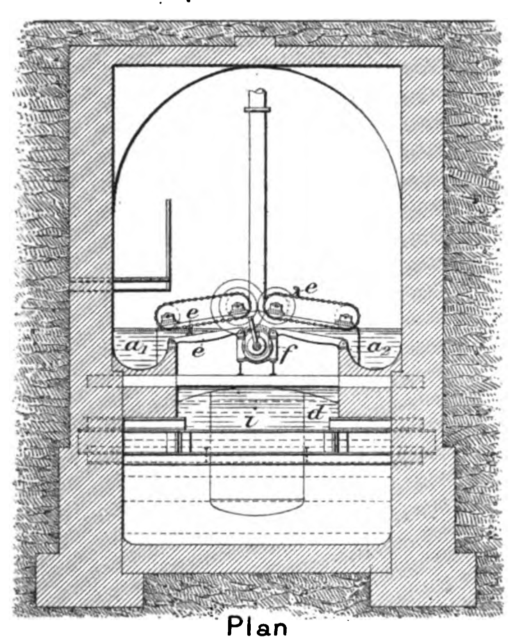


Fig. 32. — Décanteurs automatiques de Mairich, à *Neustadt* (Silésie), (d'après *Dunbar*).

quantités *sont à peu près équivalentes*. Mais ces recherches portent seulement sur un essai d'un seul jour, et il est très pos-

sible que les résultats ne soient pas identiques avec des essais prolongés pendant plusieurs jours (*Dunbar*).

Coupe transversale



Plan

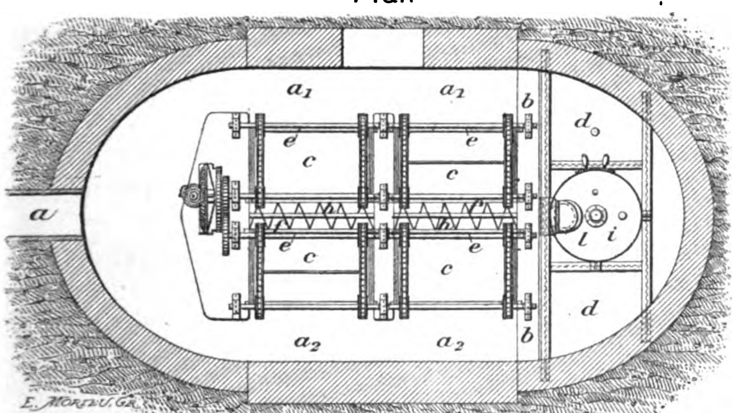


Fig. 33. — Dispositif de Bromberg pour enlever les matières en suspension des eaux d'égout (d'après *Dunbar*).

Bock et *Schwartz* ont constaté à *Hanovre* que les eaux qui arrivent pendant la nuit n'amènent presque pas de dépôts, et

au contraire tendent à entraîner ceux qui se sont déposés dans la journée. Il paraît donc avantageux de supprimer pendant la nuit le passage de l'eau dans les bassins de décantation, ce qui permet d'augmenter par le repos la précipitation des matières contenues dans ces bassins.

Bock et *Schwartz* ont également étudié les courants qui se produisent dans les bassins et ils ont pu vérifier que les eaux

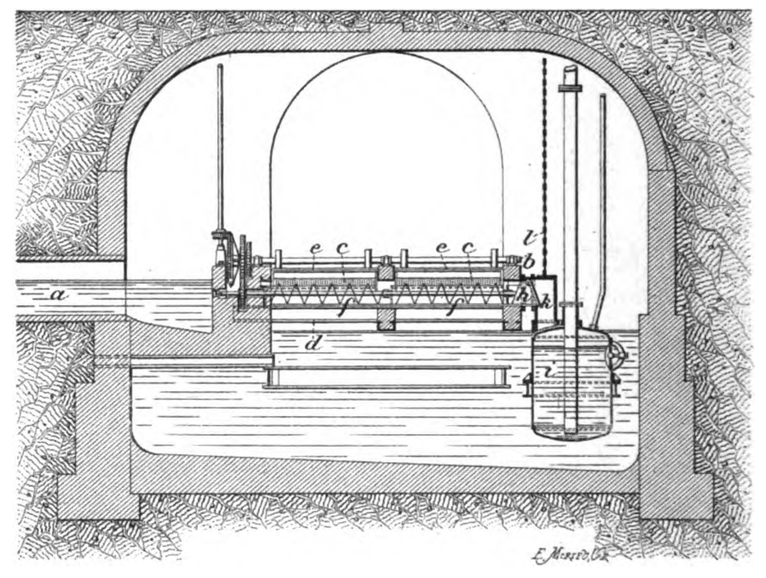


Fig. 34. — Séparateur de *Bromberg* (coupe longitudinale), (d'après *Dunbar*).

se déplacent tantôt en haut, tantôt en bas, tantôt sur les côtés, avec une vitesse deux ou trois fois plus grande que la vitesse envisagée.

Schmidt, à *Oppeln*, a fait des constatations analogues. Quand les journées sont froides, les eaux coulent à la surface, au-dessus de la partie profonde du bassin. Quand les journées sont chaudes, les courants d'eaux s'abaissent vers le fond pour se retirer vers la surface à la sortie du bassin.

Mairich a construit pour *Stargard* et *Neustadt* des décanteurs qui se rapprochent des *Dortmund*. Les décanteurs de *Neustadt* (*fig.* 32) ont une profondeur de 6m,80. L'eau arrive par 12 tuyaux tangentiels *a*, à 4m,50 au dessus du niveau supérieur. La décantation des boues se fait par l'ouverture d'un orifice *b*

tandis qu'un agitateur *c* délaie la masse des dépôts. *Mairich* a construit également des petits décanteurs qu'on réunit en groupes. C'est ainsi que la ville de *Ohrdruf* possède 28 décanteurs *Mairich* pour 6,000 personnes; *Guben* en possède 84 pour un traitement journalier de 9,000 mètres cubes d'eau d'égout. Ces petits décanteurs ont en général 2^{m},60 de hauteur sur

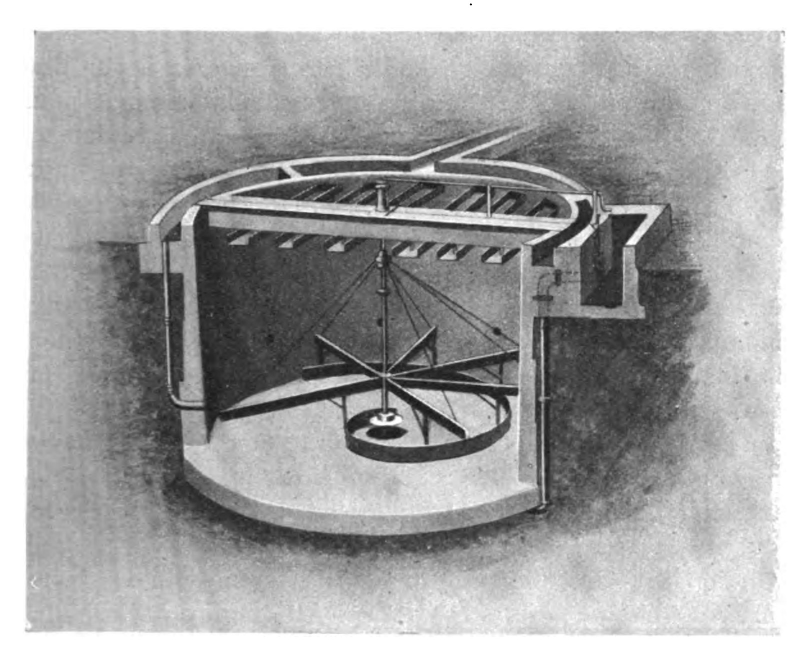


Fig. 35. — Coupe d'un bassin de décantation du système *Ham-Baker* (*Bolton* et *Birmingham*).

5 mètres carrés de surface. Ceux de *Bromberg* sont analogues (*fig.* 33 et 34).

Le travail dans les bassins à fond plat est toujours beaucoup plus simple que dans les décanteurs, qui laissent souvent échapper, lors de la vidange des boues, de grandes quantités d'eaux, et il est probable que la préférence sera toujours donnée aux bassins ordinaires quand on pourra enlever aisément les boues sans être obligé de vider la fosse. Dans cet ordre d'idées, des essais ont été faits à *Bolton*, et *Fidler* a fait construire par *Ham*, *Baker et Cie*, un appareil (*fig.* 35) qui a pour but de diriger les boues vers un orifice central d'évacuation.

Ce même appareil fonctionne en grand aux *Bury Corporation Sewage's works*, près de *Birmingham* (*fig.* 36).

A *Barmen-Elberfeld*, on a récemment disposé au fond des bassins de décantation des dépressions en entonnoir, d'où la boue est évacuée comme dans les décanteurs.

4° **Incinération des boues.** — Quel que soit le système employé, on rencontre généralement de très grandes difficultés à se débarrasser de ces boues. Celles qu'on extrait par dragage ou autrement des fosses septiques sont inoffensives pour l'odorat et se laissent décanter ou dessécher très facilement sur le sol ; elles ne se putréfient pas et prennent en quelques jours l'aspect d'une tourbe spongieuse. Mais il n'en est pas de même de celles qui proviennent des séparateurs ou des décanteurs et qui n'ont pas subi la fermentation septique. Ces dernières sont malodorantes, éminemment putrides et dangereuses à manipuler. Il importe donc de les extraire le plus rapidement possible par des moyens mécaniques et de les *détruire sur place* avant qu'elles aient pu fermenter.

Le procédé le plus recommandable, au double point de vue hygiénique et économique, consiste à les incinérer dans des fours analogues aux « destructors » ou appareils à brûler les ordures ménagères.

On construit actuellement plusieurs systèmes de ces fours, genre *Horsfall*, qui permettent de brûler les boues presque sans dépense de combustible. En Angleterre on emploie surtout les « destructors » de *Horsfall* (de *Leeds*), et ceux de *Manlove, Alliot et C°* (de *Nottingham*), qui permettent d'utiliser très parfaitement la chaleur de combustion des boues à la production de vapeur, d'énergie électrique ou d'air comprimé, lesquels peuvent être employés à actionner les pompes, les dynamos d'éclairage et les diverses machines que comportent les usines d'épuration de quelque importance.

Les résidus de la combustion constituent d'excellentes scories dont on trouve immédiatement l'emploi, soit pour l'entretien des lits bactériens, soit pour la confection de briques, de dalles en pisé ou d'autres matériaux de construction.

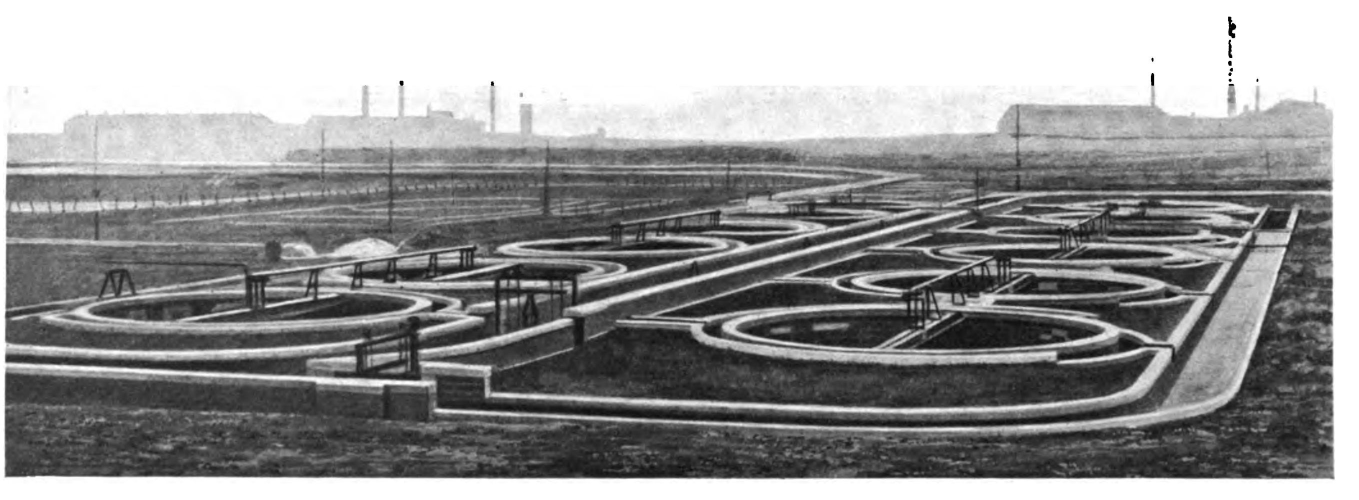


Fig. 36. — Vue générale des douze bassins de décantation du système *Ham-Baker*, à *Bury Corporation Sewage's works*.

CHAPITRE XX

ÉPURATION DES EAUX RÉSIDUAIRES DES USINES A GAZ ET DES RAFFINERIES D'HUILE MINÉRALE

Les usines à gaz et les industries qui emploient des moteurs à gaz pauvre, ou *gaz à l'eau*, déversent généralement leurs eaux résiduaires dans les eaux d'égout des villes. Or ces eaux répandent des odeurs si désagréables que certaines municipalités ont cru devoir prendre des arrêtés interdisant leur rejet dans les canalisations.

Les substances qui leur communiquent cette odeur caractéristique sont principalement l'ammoniaque, l'hydrogène sulfuré et l'acide cyanhydrique. Les proportions en sont très variables. Elles oscillent, d'après nos analyses, entre les chiffres ci-après :

Ammoniaque $0^{gr},028$ à $0^{gr},330$ par litre.

Acide sulfhydrique $0^{gr},020$ à $0^{gr},600$ par litre.

Acide cyanhydrique $0^{gr},031$ à $0^{gr},102$ par litre.

On peut aisément, par quelques dosages rapides, déterminer la teneur d'une eau résiduaire d'usine en chacun de ces trois corps.

Le dosage de l'ammoniaque se fait soit par distillation, soit par *nesslérisation*, après précipitation de l'hydrogène sulfuré par l'acétate de plomb ou de zinc et élimination de l'excès de réactif par la solution de soude et de carbonate de soude.

Pour évaluer les sulfures et les cyanures, on fait d'abord, sur 100 centimètres cubes d'eau filtrée, un dosage volumétrique total avec une solution titrée d'iode correspondant à 1 milligramme d'acide sulfhydrique par centimètre cube. Soit A le nombre de centimètres cubes.

On traite 200 centimètres cubes d'eau par l'acétate de zinc qui précipite l'hydrogène sulfuré mais non l'acide cyanhydrique, au moins dans les limites des quantités contenues dans ces eaux (jusqu'à 1 gramme par litre). On filtre et on dose sur 100 centimètres cubes avec la même solution titrée d'iode et on note le nombre de centimètres cubes versés *B*.

10 (A — B) = les sulfures en milligrammes (en H^2S) par litre.

10 B × 1,529 = les cyanures en milligrammes (en CyH) par litre.

*
* *

Il y a un grand intérêt pour les industriels à désodoriser ces eaux, surtout afin de supprimer le plus grave inconvénient que présente l'emploi des moteurs à gaz pauvre, lesquels peuvent rendre de si grands services à la petite industrie.

Ces moteurs sont extrêmement répandus dans les villes manufacturières. Nous avons donc jugé utile de rechercher un moyen pratique de traiter leurs eaux de lavage des gaz, de manière à les rendre inoffensives pour l'odorat.

Les substances chimiques employées ordinairement pour la clarification des eaux d'égout, chaux, sulfate ferreux, sulfate ferrique, sulfate d'alumine, sont susceptibles de les améliorer parce qu'elles suppriment l'ammoniaque et l'hydrogène sulfuré, mais l'odeur très tenace et pénétrante de l'acide cyanhydrique persiste.

Le *chlorure de chaux*, au contraire, en solution récente, donne de bons résultats. On doit l'employer à dose variable suivant le degré d'impureté de l'eau de lavage; mais on peut fixer cette dose, en moyenne, à 1 kilogramme par mètre cube.

L'action du chlorure de chaux est complexe : le chlore décompose l'ammoniaque en produisant un dégagement d'*azote*; il oxyde l'hydrogène sulfuré en donnant de l'*eau* et un dépôt de *soufre*, et il transforme les cyanures en azote et acide carbonique. Tous les composés ainsi obtenus sont inoffensifs et inodores.

Contrairement à ce qui arrive par l'emploi de la plupart des réactifs chimiques pour l'épuration des eaux, l'excès de chlorure de chaux ne saurait être nuisible ; il sera même favorable à la désodorisation partielle des eaux d'égout.

E. Donath a récemment étudié (¹) la purification des eaux de lavage des raffineries d'huile minérale. Il recommande de réunir les eaux alcalines et les eaux acides dans des cuves en bois doublé de plomb. On y fait arriver aussi celles qui proviennent de la condensation de la vapeur employée à l'entraînement des huiles servant au chauffage. Le mélange contient toujours un excès d'acide sulfurique. Les hydrocarbures en émulsion ou en suspension s'y séparent, et lorsque les particules huileuses se sont rassemblées à la surface, on transvase à l'aide d'un siphon le liquide sous-jacent, puis on neutralise celui-ci, soit avec un lait de chaux, soit par passage sur un lit de calcaire poreux. Dans le premier cas, le précipité formé par addition de lait de chaux entraîne mécaniquement les particules huileuses non décantées et se combine aux acides gras pour former des savons. Il se produit alors une sédimentation calcaire plus ou moins abondante, et l'eau, après avoir déposé, garde une assez forte odeur due à la mise en liberté des bases pyridiques contenues à l'état de sel dans le liquide acide.

Avec la seconde méthode, qui paraît préférable, on remplit simplement trois fosses de calcaire poreux et crayeux, et on fait circuler lentement les liquides dans chacune de ces trois fosses. La neutralisation totale ne s'effectue pas et les eaux restent légèrement acides, mais il n'y a pas de précipitation et si le débit du cours d'eau dans lequel on doit les rejeter est assez grand, cette faible acidité n'a pas d'inconvénients.

Si les eaux ainsi traitées conservent un peu de mauvaise odeur, il est facile de faire disparaître celle-ci par l'addition d'une petite quantité de chlorure de chaux, comme nous l'avons dit ci-dessus.

(¹) *Oesterreichische Chemiker Zeitung*, X, 5, 1907.

CHAPITRE XXI

ÉPURATION DES EAUX RÉSIDUAIRES DE DISTILLERIES AGRICOLES DE BETTERAVES

Dans notre 2e volume (p. 260 et suivantes) nous avons exposé en détail les dispositifs qu'il convient d'adopter pour l'épuration biologique des eaux résiduaires de distilleries de betteraves.

Ces dispositifs ont été appliqués avec des résultats satisfaisants dans plusieurs usines, en particulier chez M. *Barrois-Brame*, à *Marquillies* et chez M. *Lesaffre*, à *Marquette* (*Nord*). Nous n'avons rien à y changer et les distillateurs qui ne disposent pas de terrains propres à l'irrigation ont certainement tout intérêt à les employer.

Sur la demande de M. *Dabat*, directeur au ministère de l'Agriculture et avec la collaboration de MM. les ingénieurs *Pélissier*, *Le Couppey de la Forest* et *Nacivet*, du service des Améliorations agricoles, nous avons étudié cette année un plan d'installation très simple pour une petite distillerie de la *Ferme de Champagne*, à *Juvisy* (Seine-et-Oise). Nous croyons utile d'en fournir ici la description parce qu'il peut servir de modèle à beaucoup d'autres installations du même genre.

Il s'agissait d'épurer seulement, avec un débit d'environ 10^{m^3} par 24 heures, un mélange de vinasses particulièrement concentrées et mélangées d'eaux de lavage de la ferme.

La surface du lit bactérien est de 20 mètres carrés. Il est alimenté par un unique réservoir de chasse de 300 litres de capacité, portant un siphon type *Geneste-Herscher* et déversant son contenu sous une pression de 50 centimètres, toutes les 30 minutes, dans un réseau de tuyaux parallèles en fer, per-

forés en quinconces à angle de 45°, de manière à assurer à la fois une répartition aussi égale que possible et une aéra-

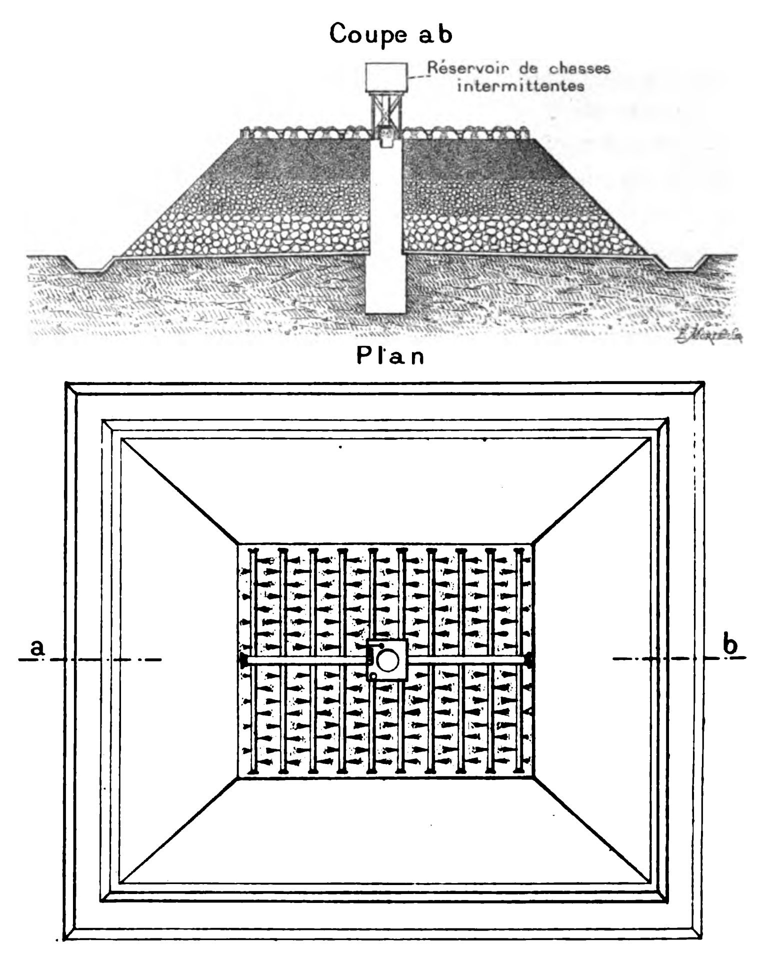


Fig. 37. — Lit bactérien pour l'épuration biologique des vinasses de distillerie de betteraves. (Plan d'une installation construite à la ferme de *Champagne*, à *Jurisy*, sur les indications du service des *Améliorations agricoles* du *Ministère de l'Agriculture*.)

Les vinasses diluées (suivant leur concentration) au 1/5 ou au 1/10 avec de l'eau ordinaire ou avec de l'eau de lavage de betteraves, sont amenées dans un bassin de décantation où elles subissent la fermentation alcaline, puis élevées dans un réservoir intermédiaire, d'où elles s'écoulent par gravitation, après réglage du débit, dans le réservoir de chasse automatique, puis sur le lit bactérien par pulvérisation.

tion convenable du liquide à épurer (*fig.* 37). Cet appareil a été construit par M. *Degoix*.

Le réservoir de chasse repose sur un massif central en briques, et le lit bactérien, formé de scories, est simplement disposé en talus sur 2 mètres de hauteur.

Ce mode de construction est assurément le plus économique.

Les résultats du fonctionnement de ce lit ne nous sont pas encore connus, car il vient seulement d'être mis en service. Mais si les eaux résiduaires qu'on doit y traiter sont neutres ou légèrement alcalines et convenablement diluées, il n'est pas douteux qu'on doive en obtenir toute satisfaction.

CHAPITRE XXII

ÉPURATION PHYSICO-CHIMIQUE (SYSTEME VIAL, DE BRUXELLES)

Ce système d'épuration a été récemment proposé par M. *Vial* pour le traitement des eaux d'égout, à la suite d'expériences effectuées à *Haren*, près de *Bruxelles*.

Il est basé sur l'action précipitante d'une substance chimique quelconque (chaux ou autre réactif approprié à la nature des eaux) et sur une méthode spéciale de décantation qui présente seule quelque originalité. En voici la description d'après le rapport de M. le Dr *Henseval*, directeur du laboratoire du service de santé et d'hygiène au ministère de l'agricuture de Belgique :

Les bassins dans lesquels s'effectue la décantation sont formés de deux parties : la poche à boues et le bassin de clarification.

La décantation s'effectue en marche continue : une lame de liquide de quelques centimètres d'épaisseur parcourt tout le bassin avec une vitesse de 2 mètres environ par minute, en glissant sur une masse d'eau immobilisée par des cloisons sans qu'il s'y produise ni remous ni courants internes; pendant ce temps elle abandonne toutes ses matières en suspension. L'eau reste ainsi le moins possible en contact avec les matières précipitées.

Celles-ci s'accumulent particulièrement en deux endroits du bassin; de là elles sont enlevées par une pompe, en mélange avec beaucoup d'eau, et envoyées dans un grand récipient où elles se déposent. Elles sont concentrées ensuite dans un appareil spécial dit « concentreur », qui est une espèce de filtreur : les boues liquides arrivent sous une pression de 3 ou 4 mètres, obtenue par différence de niveau, dans une cuve renfermant des tubes en toile serrée; les matières

solides sont retenues et s'amassent dans l'appareil, tandis que l'eau est évacuée à l'intérieur des tubes vers un conduit central. Les boues sortent de cet appareil à l'état pâteux, ne renfermant plus que 70 à 80 pour 100 d'eau. Elles sont ensuite séchées par un procédé indéterminé.

On traite à *Haren* sur une très petite échelle, et seulement pour expériences, des eaux d'égout provenant du collecteur de *Bruxelles*. Ces eaux renferment une proportion de matières en suspension de $0^{gr},288$ à $1^{gr},560$ par litre; celles-ci contiennent de 26,9 pour 100 à 57,1 pour 100 de matières organiques et de 73,1 pour 100 à 42,9 pour 100 de matières minérales.

La quantité de matières en solution varie de 0,700 à 1,090 par litre, on y trouve de 34,5 à 42,9 pour 100 de matières organiques, et de 65,5 à 57,1 de matières minérales.

L'oxydabilité au permanganate en milieu alcalin oscille de 33 à 66,2 milligrammes; en milieu acide, de 32,6 à 59 milligrammes.

L'alcalinité du sewage, évaluée en CaO, est de $0^{gr},126$ à $0^{gr},372$.

La quantité d'eau d'égout traitée lors des expériences du D[r] *Henseval* était de 23 à 34 mètres cubes à l'heure. On utilisait pour la précipitation de 250 grammes à 1 kilog. de chaux éteinte par mètre cube (cette chaux à l'analyse donnait 67 à 68 pour 100 de CaO).

La quantité de boue produite variait suivant la concentration du sewage et suivant la quantité de réactif employé.

Pour 288 grammes de matières en suspension, on obtenait 395 grammes de boues (pesées à l'état sec) par mètre cube. Lorsqu'il y avait $1^{k},500$ de matières en suspension, la proportion des boues s'élevait à $2^{k},142$ par mètre cube.

Leur valeur est assurément très minime. Elles renferment seulement :

Azote ammoniacal $0^{gr},083$ au maximum pour 100 de matières sèches.

Azote organique $1^{gr},762$ id.

Acide phosphorique $0^{gr},83$ id.

Soit pour environ 1 fr. 85 de matières fertilisantes (dans les cas les plus favorables, c'est-à-dire avec le sewage le plus concentré) par 100 kilogrammes de matière sèche.

Les décanteurs *Vial* permettent incontestablement d'obtenir une eau bien débarrassée de matières en suspension et, si la quantité de réactif ajoutée est suffisante, une partie des matières en solution est également précipitée. Mais il reste toujours dans l'effluent une importante proportion d'azote albuminoïde et d'ammoniaque, de sorte qu'on ne peut pas le considérer comme réellement *épuré*.

Il ne pourrait être rejeté dans les rivières qu'à la condition d'être traité ultérieurement sur des lits bactériens. Encore n'est-il pas sûr que ce traitement conduise à des résultats satisfaisants, en raison de l'alcalinité excessive des eaux additionnées d'une si grande quantité de chaux.

L'emploi de ce système ne paraît en aucune manière pouvoir convenir aux villes, d'abord parce qu'il est extrêmement onéreux, en raison surtout des dépenses de réactifs et de main-d'œuvre, et ensuite parce que, loin de solutionner favorablement le problème des boues, il l'aggrave en accroissant le volume de celles-ci ainsi que les difficultés de leur manutention.

CHAPITRE XXIII

ÉPURATION PHYSICO-BIOLOGIQUE (PROCÉDÉ ARMAND PUECH)

M. *Puech* (de *Mazamet*, *Tarn*), qui a préconisé avec un légitime succès un système aujourd'hui bien connu de filtration des eaux potables à travers des séries successives de filtres dégrossisseurs, afin d'éviter le colmatage trop rapide des filtres à sable, s'est proposé d'épurer les eaux d'égout par un procédé analogue.

En séparant mécaniquement les matières solides par des filtres dégrossisseurs, il espérait accroître dans d'énormes proportions le pouvoir épurant des terrains d'épandage et affirmait être en mesure de traiter sans difficultés plus de 1 000 000 de mètres cubes par hectare et par an au lieu des 40 000 mètres cubes que tolère la loi pour l'irrigation culturale à Achères, Gennevilliers, Carrières-Triel et Méry-Pierrelaye.

M. *Puech* fut autorisé par le département de la Seine à faire l'essai de son système sur les terrains d'épandage de Créteil, du 9 mars au 25 mai 1905.

Les bassins dégrossisseurs, installés à l'usine de la rue du Pont à *Alfortville*, reçurent des quantités d'eau d'égout variant de 272 mètres cubes, chiffre le plus bas, à 405 mètres cubes, chiffre le plus élevé, par 24 heures, soit 332 mètres cubes en moyenne.

A leur sortie de ces bassins, l'eau était épandue, sur une superficie de 1500 mètres carrés environ, dans un champ divisé en 3 secteurs alternativement desservis, l'un de 6 heures du matin à 2 heures après-midi, le second de 2 à 10 heures du soir, le troisième de 10 heures du soir à 6 heures du matin.

Pendant les deux mois et demi d'essais officiels, l'épandage fut donc pratiqué à raison de 2213 mètres cubes par

hectare et par jour, ce qui correspond à 807 745 mètres cubes par hectare et par an.

On ne tarda pas à constater d'abord que les filtres dégrossisseurs se colmataient très vite, d'où nécessité de procéder à des nettoyages fréquents, ce qui exigeait l'envoi de boues liquides en pleine fermentation et à odeur forte sur une parcelle spécialement aménagée. Le cube de boues retenues atteignait 900 grammes par mètre cube et par jour. Il eût donc fallu, pour épurer 100 000 mètres cubes par jour avec ce système, compter avoir à enlever près de 90 tonnes de boues, c'est-à-dire 9 wagons.

M. *Puech* croit qu'il est facile de se débarrasser de ces boues, soit en les laissant sécher sur le sol, soit en les brûlant. Mais nous savons, par les nombreuses expériences déjà faites à ce sujet en Angleterre et en Allemagne, combien, avec l'un ou l'autre de ces systèmes, on éprouve de difficultés.

D'autre part, les résultats de l'épuration se montrèrent défectueux. On observait, il est vrai, un accroissement notable des proportions d'azote ammoniacal de l'entrée à la sortie des filtres dégrossisseurs (de 6 à 21 milligrammes par litre) — ce qui indique qu'ils remplissent quelque peu le rôle des fosses septiques, — mais au sortir des drains des secteurs d'épandage, l'eau, toujours louche et trouble, contenait une proportion de matière organique au moins double de celle contenue dans l'eau de Seine à *Ivry*, et elle renfermait en outre presque toujours de l'azote ammoniacal, avec fort peu de nitrates.

Au point de vue microbien, d'après la convention passée entre le département de la Seine et M. *Puech*, l'eau épurée sortant des terrains d'épandage ne devait contenir qu'un chiffre de bactéries égal ou inférieur à celui de l'eau de Seine (en l'espèce moins de 50 000). Elle en accusa toujours beaucoup plus : de 244 000 à 2 800 000, et en moyenne 969 915 tandis que celle de la Seine pendant la période d'essais était de 27 330.

On voit donc que l'épandage intensif avec des eaux filtrées par les dégrossisseurs ne paraît pas susceptible de donner des résultats satisfaisants au point de vue de l'épuration.

Telle a été, d'ailleurs, la conclusion des experts du département de la Seine.

Le système *A. Puech* est assurément très avantageux lorsqu'on l'applique à la filtration des eaux potables, mais nous croyons que c'est une grave erreur de vouloir l'adapter à l'épuration des eaux d'égout. Les simples fosses septiques seront toujours moins onéreuses à construire que les filtres dégrossisseurs, en admettant que ceux-ci jouent le même rôle; l'évacuation des boues qui y résistent aux actions fermentatives en est infiniment plus facile; et c'est vouloir compliquer le problème que de leur substituer une série de bassins garnis de cailloux ou de graviers qu'il faut nettoyer à chaque instant.

CHAPITRE XXIV

LES PROGRÈS DE L'ÉPURATION BIOLOGIQUE EN FRANCE

Quoique plus lentement qu'en Allemagne, qu'en Amérique et surtout qu'en Angleterre, l'épuration biologique attire et retient maintenant en France l'attention des ingénieurs et des hygiénistes publics.

Un grand nombre de projets d'installations importantes ont été dressés. Plusieurs sont en voie d'exécution et la plupart des villes qui se préoccupent de réaliser leur assainissement sollicitent nos conseils pour les guider dans le choix du système qui peut répondre le mieux à leurs besoins.

Le moment est donc venu pour les pouvoirs publics de songer à créer dans notre pays un organisme analogue à la station officielle d'études et d'essais que l'Allemagne a créée à *Berlin* et que nous décrirons dans un prochain chapitre. L'intervention de cet organisme s'impose, non seulement pour éclairer les municipalités ou les particuliers sur le choix des procédés ou appareils les plus capables de leur donner satisfaction suivant la nature des eaux d'égout qu'il s'agit de traiter, mais encore et surtout pour examiner les projets dressés par les services publics ou par les différents constructeurs et pour surveiller leur bonne exécution ainsi que leur fonctionnement.

A l'heure actuelle, les villes ne disposent d'aucun moyen de s'assurer que les projets qu'elles dressent elles-mêmes ou qu'elles font dresser par des architectes ou des ingénieurs sanitaires présentent toutes les garanties désirables. Et si, comme le fait s'est déjà produit trop souvent, les projets exécutés se montrent défectueux, elles ne possèdent aucun moyen de contrôle.

Il faudrait donc qu'avant et après avoir été soumises à

l'approbation du Conseil supérieur d'hygiène, toutes les installations d'épuration d'eaux d'égout *projetées* ou *créées* soient placées sous la surveillance d'un laboratoire officiel dont le personnel comprendrait non seulement des bactériologistes et des chimistes, mais aussi des ingénieurs et des géologues.

On verra plus loin, en lisant les documents que nous publions en annexe du présent volume, que le gouvernement de la République a déjà envisagé la nécessité d'une organisation de ce genre, et que, dans une communication faite par M. *Dabat,* directeur de l'Hydraulique et des Améliorations agricoles, devant la Commission instituée par décret du 25 mars 1907 au ministère de l'Agriculture pour sauvegarder l'utilisation des eaux qui ne font pas partie du domaine public, il est question de créer un Institut spécial ayant des attributions semblables à celles du *Versuchs und Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung* de Berlin.

*
* *

Parmi les villes françaises qui ont déjà commencé la construction ou adopté des projets d'épuration d'eaux d'égout par le système biologique, nous citerons *Toulon*, *Gap*, *Saint-Etienne*, *Lyon*, *Mâcon*, *Dijon*, *Alençon*, *Saint-Malo*, *Biarritz*, *Lille* et surtout le *département de la Seine* dont le Conseil général, par délibération du 5 juillet 1905, a décidé l'exécution au *Mont-Mesly*, sur le territoire de *Créteil*, d'installations nécessaires pour épurer un volume de 10800 mètres cubes par jour. Ces dernières doivent être achevées très prochainement et seront en mesure de fonctionner au commencement de 1908.

Sur le rapport de M. *Parisot*, conseiller général, et sur la proposition de M. *de Selves*, préfet, le département de la Seine vient en outre d'élaborer tout un programme d'assainissement de la Seine et de la Marne, ayant pour objet d'assurer la construction de lits bactériens suffisamment vastes, à *Achères* d'une part, au *Mont-Mesly*, puis à *Saint-Ouen* d'autre part, pour épurer la totalité des eaux d'égout départementales dont une grande partie est actuellement déversée en Seine, les champs d'épandage de Créteil et ceux de la ville de Paris étant insuffisants pour les recevoir.

La ville de Paris prépare elle-même des projets analogues.

Elle s'y trouve obligée par ce fait qu'il lui devient difficile ou extrêmement onéreux de se procurer des terrains propres à l'épandage. Ceux dont elle dispose ont une surface utilisable de 5500 hectares. Or il lui faudrait déjà, pour répondre à ses engagements (et épurer les eaux départementales qu'elle reçoit), 9275 hectares.

Dans quinze ans, lorsque le tout-à-l'égout sera généralisé, il lui faudra 14 825 hectares, c'est-à-dire une surface égale au tiers de la surface totale du département (48 500 hectares).

Il est donc impossible de songer à augmenter sensiblement les étendues de terrains consacrées à l'épandage, et les procédés biologiques dussent-ils donner des résultats moins parfaits, on sera bien forcé d'y avoir recours.

Tout le monde conviendra, d'ailleurs, qu'il vaudrait mieux, dès maintenant, pouvoir épurer *même imparfaitement* la totalité des eaux d'égout actuellement fournies par l'ensemble des émissaires du département et de la ville, plutôt que de rejeter en Seine ou en Marne 90 000 000 de mètres cubes d'eaux d'égout *brutes* par an, comme on le fait aujourd'hui.

Cette seule considération est de nature à entraîner la conviction de ceux-là même qui ne renoncent qu'à regret à abandonner les idées qui leur sont chères sur l'*utilisation agricole des eaux d'égout*.

***

Nous croyons inutile de donner ici la description des projets dressés ou adoptés par les diverses villes françaises que nous avons citées plus haut.

Nous nous bornerons à exposer les plans d'ensemle de quelques-uns d'entre eux seulement, parmi ceux qui représentent un *type* qui peut servir de modèle à d'autres villes placées dans des conditions analogues.

Le premier de ces types (*Toulon*) applique le système des lits bactériens à double contact, avec déversement de l'effluent à la mer.

Le deuxième (*Mâcon*), qui attend l'approbation du Conseil supérieur d'hygiène, réalisera exactement le dispositif que nous avons expérimenté à la Madeleine et qui est celui des

lits bactériens percolateurs, avec déversement de l'effluent dans la Saône.

Le troisième, simplement à l'état d'avant-projet, se rapporte à *Lyon*. Il propose seulement une épuration incomplète (sauf aux époques de basses eaux du Rhône) en raison de l'énorme débit du grand fleuve dans lequel l'effluent devra être rejeté.

Le quatrième enfin, celui de *Lille*, est en voie d'exécution et présente un intérêt particulier en raison de ce fait qu'on épurera d'abord les eaux résiduaires de l'abattoir avec celles du quartier avoisinant.

I. **Plan d'épuration des eaux d'égout de la ville de Toulon** [1], exécuté par MM. *Valabrègue* et *Maliquet*, ingénieurs à Toulon.

Ce plan est basé sur le système séparatif. Il comprend :

1° Pour les eaux-vannes, l'évacuation par canalisations (surtout en grès) à moyenne ou à faible section, avec épuration biologique par fosses septiques et lits bactériens à double contact;

2° Pour les eaux de pluie et les eaux industrielles non polluées, l'évacuation directe à la mer, à ciel ouvert, par ruisseaux ou caniveaux déjà existants.

Les raisons qui ont fait adopter le système séparatif méritent d'être indiquées. Nous reproduisons à ce sujet le rapport du *Dr Péraldi* au Congrès de Climatologie et d'Hygiène urbaine de Nice, Cannes, Menton et Ajaccio (avril 1907).

« Le système unitaire, avec ses conduites en maçonnerie, représentait une dépense globale fantastique. Le prix de revient, par habitant, dans les faubourgs à population clairsemée, eût été énorme, et le partisan le plus convaincu du système unitaire n'eût jamais pu affirmer que l'augmentation des charges budgétaires eût été exactement compensée par une augmentation proportionnelle d'assainissement. Cet argument seul suffisait pour écarter tout projet de système unitaire. D'ailleurs, toute une partie de la ville proprement dite, construite sur la mer, repose sur des pilotis. C'est justement la partie où la population est le plus dense et où un grand col-

(1) D'après les documents qui nous ont été obligeamment communiqués par M. VALABRÈGUE et par le docteur PÉRALDI, médecin du Bureau d'hygiène de Toulon.

lecteur eût été rigoureusement nécessaire. Pour établir les canalisations actuelles (diamètre intérieur de 0m,60) il a fallu travailler dans l'eau durant plusieurs mois; qu'aurait-ce été quant au grand collecteur en maçonnerie avec des conditions aussi désavantageuses! Pareilles difficultés furent aussi rencontrées dans certains points des faubourgs, où la nappe d'eau souterraine, très abondante, était à une faible profondeur et a exigé de longs et pénibles travaux sous les pompes et pour installer de toutes petites canalisations de grès qu'on n'avait, pour ainsi dire, qu'à déposer au fond de leur tranchée.

« Le régime des pluies lui-même aurait difficilement comporté un système unitaire. Il présente en effet de très larges oscillations de pluie et de sécheresse avec des ascensions brusques, rappelant par leur soudaineté et leur abondance, les *grains* classiques des pays chauds. Il est courant de voir la circulation interrompue dans le bas de la ville par de véritables inondations; comment se prémunir contre des accroissements aussi brusques de débit dans le système unitaire? Et, de nouveau, quel surcroît de dépenses pour la construction de bassins d'orages, peut-être insuffisants les jours de grande pluie ou bien inutilisés durant les longs mois de sécheresse!

« Enfin, pourquoi, pour les eaux de pluie comme pour les eaux propres de la rue, ne pas utiliser le déversement à la rade? La ville, en amphithéâtre, assure par la pente rapide de ses rues la prompte évacuation de masses d'eau, même considérables. Et, si l'éloignement des côtes battues par la mer du large a rendu impossible le jet de toutes nos eaux-vannes à la grande mer, profitons au moins de cette petite mer qu'est notre rade pour évacuer vivement et à bon compte nos eaux non polluées. Donc, en envisageant d'une part les exigences financières et les difficultés matérielles de réalisation du système unitaire, et de l'autre l'obligation absolue qui s'imposait aux Toulonnais de laver enfin leur cité de sa malodorante réputation, le système séparatif de Toulon ne supprimera pas le ruisseau, mais il va l'assainir. »

Nous étudierons successivement :

I. Les canalisations;

II. L'épuration des eaux-vannes à la station de Lagoubran.

La circulation dans le réseau est assurée par gravité avec

relèvements mécaniques successifs, toutes les fois qu'on atteint un point bas déterminé. Ces relèvements sont effectués par des pompes élévatoires à amorçage automatique.

I. — CANALISATIONS.

La longueur totale des canalisations atteint 76 kilomètres se décomposant d'après les matériaux qui les constituent comme suit :

a. Canalisations en grès : 70 000 mètres;

b. Canalisations en ciment armé : 4 850 mètres;

c. Canalisations en fonte : 1 200 mètres.

a. Les canalisations en grès, utilisées presque exclusivement dans tout le réseau proprement dit d'égouts, sont constituées par des cylindres en grès vernissé provenant pour la plus grande partie de l'usine *Valabrègue* à *Bollène* et d'autres usines françaises : cylindres à gorge et à collet de $0^{m},60$ de long et de diamètres variables suivant l'importance des voies desservies. Il existe sept types de tuyaux, de diamètres allant de 5 en 5 centimètres, depuis $0^{m},20$ jusqu'à $0^{m},50$.

L'épaisseur de leurs parois est de $0^{m},025$ en moyenne et leur résistance à la pression varie avec leur diamètre.

Les tuyaux ont tous été éprouvés à une pression de 2 kilogrammes par centimètre carré.

Colicts et gorges sont réunis par du ciment, qui donne instantanément à l'ensemble de la canalisation une rigidité et une étanchéité parfaites.

Les raccordements sont prévus pour les maisons à desservir par des tuyaux en Y pourvus d'un bouchon en grès cimenté.

b. Les canalisations en ciment armé constituent essentiellement le grand collecteur. Les cylindres qui les composent ont en moyenne 3 mètres de long et des diamètres de $0^{m},60$ à $0^{m},80$. Ils sont raccordés l'un à l'autre par des manchons de ciment armé. Presque sur tout le parcours du grand collecteur les canalisations sont jumellées, de manière à parer à toute éventuatité de nettoiement ou d'indisponibilité due à une cause quelconque.

c. Les canalisations en fonte, destinées soit aux conduites de refoulement qui supportent des pressions considérables,

soit à la traversée des voies ferrées, canaux ou rivières, sont constituées par des tuyaux de fonte à emboîtement et cordon joint au plomb.

Les canalisations, quelle que soit leur construction, sont installées au fond de tranchées et suivant un mode variable avec la nature du terrain. Dans les terrains secs, les tuyaux reposent au fond de la tranchée sur une simple rangée de briques destinées à assurer la régularité de pente et servant en quelque sorte de semelle à la conduite qui repose sur elles. Dans les terrains humides ou au-dessous du niveau de la mer, la canalisation repose sur une planche de ciment armé au-dessous de laquelle sont parfois deux tuyaux de drainage entourés de gravier et qui ont été utilisés durant la construction pour les pompes d'épuisement [1]. Les profondeurs maxima atteintes ont été de 7m,50 au-dessous du sol. Les profondeurs minima de 1m,50. La profondeur générale moyenne au radier de 2 mètres.

Enfin, détail qui a sa valeur pratique, certaines canalisations ont été établies à 3m,50 au-dessous du niveau de la mer.

Les tuyaux, mis en place et scellés, sont entourés de déblais provenant du terrassement, soigneusement choisis, et régulièrement tassés.

La visite, la surveillance et le nettoiement des canalisations sont assurés par des *regards*, placés à 50 mètres environ l'un de l'autre, affectant la forme d'une pyramide quadrangulaire ayant sa base au niveau du radier et son sommet tronqué au niveau de la rue. Ils sont bouchés par une plaque de fonte.

Le mode de nettoiement prévu, en dehors de la pression des réservoirs de chasse, consistera dans le ramonage des tuyaux à l'aide de balais spéciaux, dont les cordes de traction seront amorcées soit par flotteurs, soit par petits chiens spécialistes.

Chaque tronçon de canalisation, après isolement entre deux batardeaux, a été rempli d'eau, avant tout remblaiement de la tranchée. Il a été dressé procès-verbal de cette épreuve d'étanchéité par les services du contrôle municipal.

[1] Grâce à cet artifice, les canalisations ont été placées sur un terrain parfaitement sec.

II. Épuration

Le débit du grand collecteur, à l'arrivée à l'usine épuratoire, a été calculé sur les bases suivantes :

Les eaux ménagères et de toilette représentent une moyenne de 1 litre 3 centilitres par seconde et par 1 000 habitants. Le débit par vingt-quatre heures sera donc pour 1 000 habitants de :

$60 \times 60 \times 24 \times 1,3 = 112\,320$ litres, soit pour 100000 habitants de 11 000 mètres cubes environ. La capacité totale des fosses septiques et des lits bactériens de premier et de second contact a été établie pour un débit de 12 000 mètres cubes. Ce volume considérable ne représente qu'un maximum qu'on ne réalisera pas immédiatement.

L'épuration biologique comprendra à la station d'épuration bactérienne de Lagoubran :

A. L'épuration anaérobie en fosses septiques closes ;

B. L'épuration aérobie sur lits bactériens étanches de premier et de second contacts.

A. **Épuration anaérobie, fosses septiques.** — L'épuration anaérobie sera réalisée dans des fosses septiques de dimensions différentes en ciment, à voûte de ciment armé, soutenue par des colonnes toujours de ciment armé.

Les fosses septiques, au nombre de trois, cubent respectivement 2100, 3500, 6600 mètres cubes, soit au total 12 200 mètres cubes.

Les eaux résiduaires, dont le débit est réglé par des vannes, arrivent d'abord dans une *fosse à sable* de décantation pour les matériaux lourds (qui sont enlevés directement), et passent ensuite dans un canal de distribution qui borde les fosses septiques (*fig.* 38).

L'arrivée et la décantation définitives se font, dans les fosses septiques, dans une sorte de chambre antérieure limitée par une chicane supérieure et un mur inférieur. Le plancher de cette chambre a une pente de $0^m,30$.

A la sortie des fosses, une chicane empêche complètement toute arrivée d'air par la fente du déversement.

La durée du séjour prévue pour les eaux-vannes soumises à l'épuration anaérobie en fosses septiques est de vingt-quatre

heures. L'écoulement du contenu des fosses septiques se fera lentement par déversement, par une fente parallèle à la ligne de voûte des fosses. Les matières déjà partiellement épurées s'étaleront en une cascade qui les conduira dans le canal de distribution qui borde les lits bactériens du premier contact.

Les gaz provenant des fosses septiques sont recueillis par des drains au-dessus de la voûte des fosses septiques, canalisés sur un brûleur et évacués par une grande cheminée.

B. **Épuration aérobie. Lits bactériens à deux contacts.** — Les lits bactériens, qu'ils soient de premier ou de deuxième contact, ont une capacité moyenne de 1000 à 1200 mètres cubes pour une longueur de 70 à 80 mètres, une largeur de 15 mètres et une profondeur de 1^m,20 à 1^m,50. Entièrement cimentés, ils présentent une pente totale de 0^m,30 répartie régulièrement sur toute leur longueur et allant du canal de distribution au canal d'évacuation. Le fond du lit est constitué par des rigoles de circulation dont les drains occupent les angles ouverts en haut, concaves. Les drains sont constitués par des briques mises à plat et supportant des planches en ciment armé. Le drain a 0^{m}45 de large et 0^{m}12 de haut (*fig.* 39).

La communication entre le canal de distribution et les lits, la répartition des eaux-vannes à la surface de ces lits se font par des distributeurs d'*Adams*.

Pareillement, l'évacuation des eaux partiellement ou totalement épurées des lits de premier et de deuxième contact sur le canal d'évacuation se fait par un siphon d'*Adams*. La durée de l'oxydation sur chaque lit bactérien sera de deux heures.

L'installation d'épuration bactérienne de Lagoubran présente en somme tous les caractères généraux des installations similaires existant avec deux contacts (*Sutton*, *Madeleine-lez-Lille*). Il est cependant deux caractères particuliers qui méritent une mention spéciale : c'est d'abord le déversement en cascade du contenu des fosses septiques permettant une oxydation massive et immédiate des eaux partiellement épurées : c'est ensuite la substitution presque complète des calcaires aux scories dans la constitution des matériaux filtrants et oxydants des lits de contact.

Primitivement, on devait, à Lagoubran comme ailleurs,

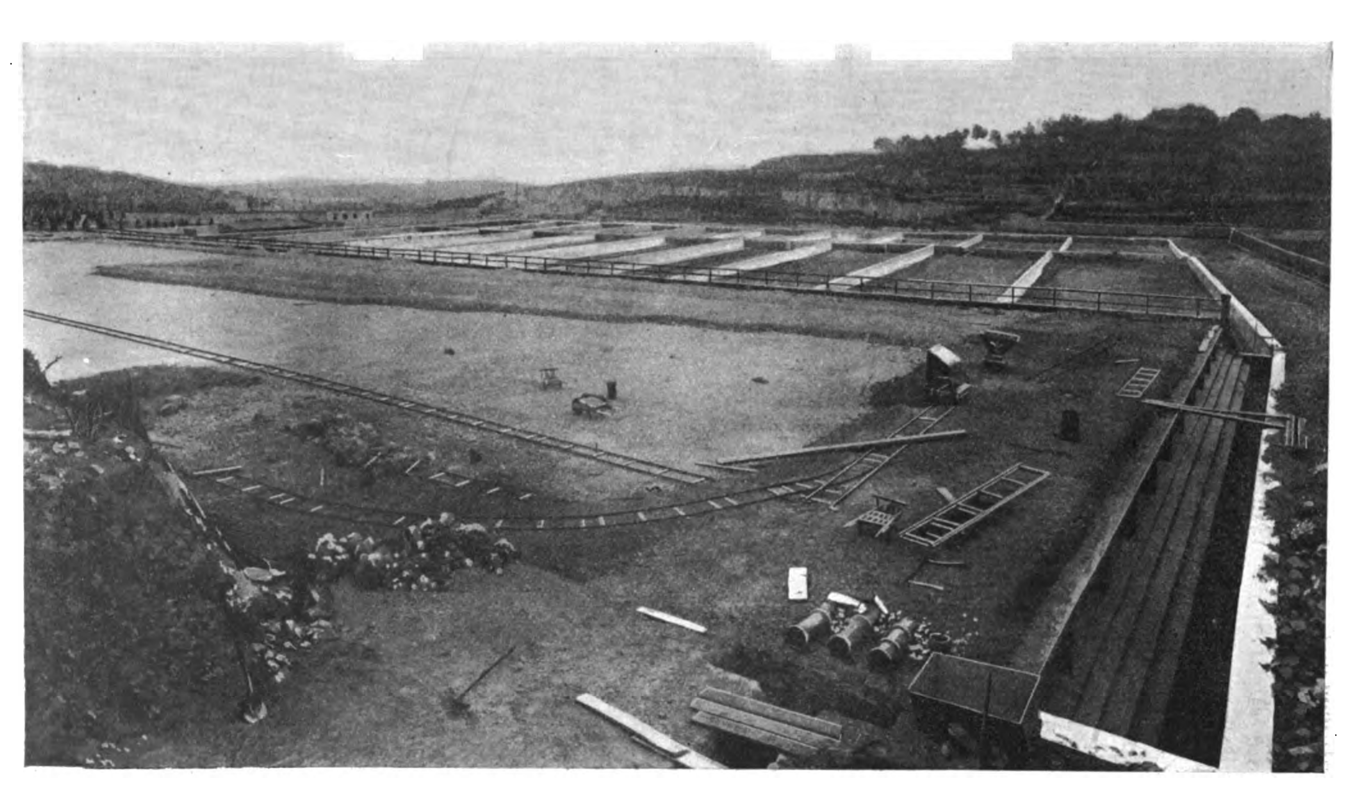


Fig. 38. — Station d'épuration biologique par lits de contact, à *Lagoubran*, pour la ville de Toulon. (Vue prise au-dessus des fosses septiques.)

utiliser exclusivement des scories, mais au moment de réaliser cette partie du projet, on se heurta à l'impossibilité matérielle absolue d'en recueillir sur place ou dans le voisinage immédiat, des quantités suffisantes pour assurer le service des lits bactériens. C'est donc contraints et forcés que les entrepreneurs et les pouvoirs publics durent rechercher des matériaux susceptibles de jouer le même rôle dans les lits bactériens de premier et de deuxième contact. Les matériaux adoptés sont les pierres calcaires vulgaires constituant le ballast de la plupart des voies ferrées ou utilisées pour le chargement des routes.

Ces calcaires ont été concassés par des concasseurs spéciaux suivant cinq dimensions différentes, les diamètres oscillant de 3 à 5 millimètres, de 5 à 15 millimètres, de 15 à 25 millimètres, de 25 à 35 millimètres, de 50 à 80 millimètres.

Les lits de premier et de deuxième contact contiennent en outre, en superficie, du sable quartzeux dont les diamètres sont de 3 à 5 millimètres.

Enfin, sur les seuls lits de deuxième contact, on a mis une couche de scories de $0^{m},20$ de haut, comprise entre deux couches de sable quartzeux.

L'évacuation des eaux épurées se fera par une conduite spéciale parallèle à la Rivière Neuve, en petite rade.

Le devis estimatif des travaux s'élève à 1162000 francs.

*
* *

II. — **Plan d'épuration des eaux d'égout de la ville de Mâcon** (projet présenté par M. *A. D goix*, ingénieur). — Les eaux à épurer sont amenées par un égout collecteur *unitaire* qui existe actuellement et recueille les eaux pluviales, ménagères, etc....

Le volume à épurer par jour en temps normal est de 3000 mètres cubes. En temps de pluies ce volume peut s'élever à 30000 mètres cubes et davantage.

Le projet comporte :

1° L'épuration journalière de 3000 à 4500 mètres cubes.

2° Au delà de cette quantité, en temps de pluie, le premier lavage des rues étant effectué par les eaux de ruissellement et

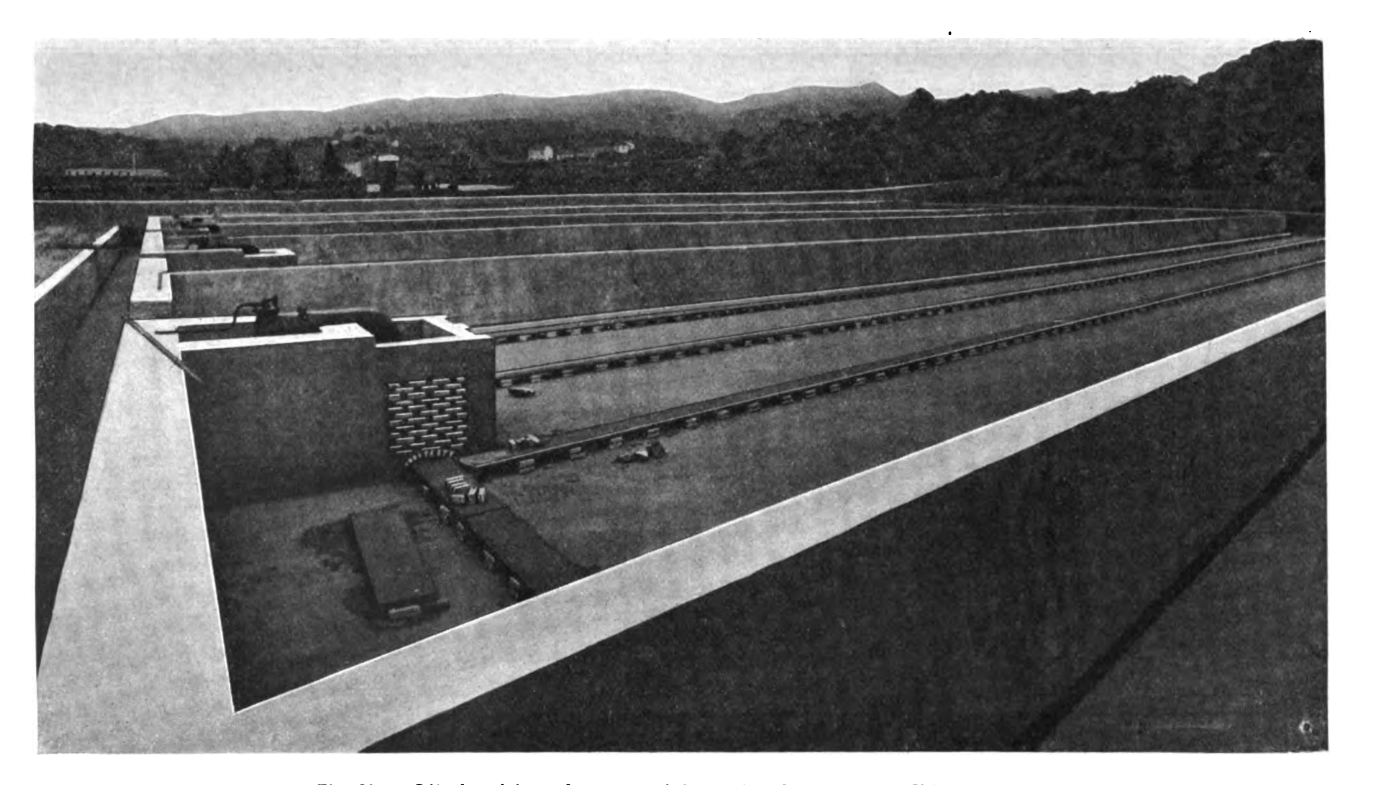


Fig. 39. — Lits bactériens de contact à la station de *Lagoubran*, *Ville de Toulon*.
(Siphons automatiques d'Adams et dispositif de drainage. Vue prise avant la mise en place des matériaux filtrants du lit.)

la dilution des eaux résiduaires étant suffisante, le surplus est envoyé directement sur un lit bactérien d'*orage* jusqu'à concurrence de 4500 mètres cubes par jour, soit un volume total épurable de 9000 mètres cubes, au delà duquel on peut considérer que les eaux résiduaires, en raison de leur extrême dilution, doivent être déversées directement en Saône.

Le niveau du radier de l'égout collecteur actuellement existant étant le même que celui de la Saône (169^{m},61), il devient nécessaire de relever les eaux au point terminus choisi pour la station. Les diverses phases de l'épuration s'accompliront alors automatiquement (voir *fig.* 40).

A proximité de l'extrémité de l'égout collecteur *m* une dérivation de celui-ci aboutit à une fosse à sable *a a*. Celle-ci est divisée en deux compartiments afin d'en faciliter le nettoyage.

Au sortir de la fosse à sable, les eaux d'égout se rendent dans un bassin de réception *b*, d'où elles sont ensuite puisées par les appareils élévatoires pour être dirigées vers la *fosse septique dd* ou, le cas échéant, vers le *lit d'orage gg*. Un déversoir *n* est ménagé afin qu'en temps de fortes pluies l'excédent puisse s'écouler directement en Saône par l'ancien canal.

La chambre des appareils élévatoires *b* est installée à proximité, ces appareils étant en charge, afin d'assurer un amorçage permanent. La salle des machines pour la production de force motrice est installée au-dessus du bassin de réception.

La fosse septique *d* est disposée de telle sorte que les eaux résiduaires puissent y séjourner environ 24 heures. A sa sortie, les eaux passent à travers un filtre à scories *z* et s'écoulent dans le caniveau qui alimente les siphons percolateurs *f*, *f*, *f*, *f*... et se répandent par intermittences sur les lits bactériens *e e*, *e e* qu'elles traversent pour s'épurer.

Elles sont ensuite recueillies dans les caniveaux de sortie *p*, pour être rejetées, soit directement en Saône, soit dans l'aqueduc après le trop-plein, en aval de la chambre à sables.

En temps de pluies persistantes, un volume journalier supplémentaire de 4500 mètres cubes, comme il a été dit précédemment, serait envoyé sur le lit filtre d'orage *g* par le caniveau *l*.

On a tenu compte des crues possibles de la Saône en éta-

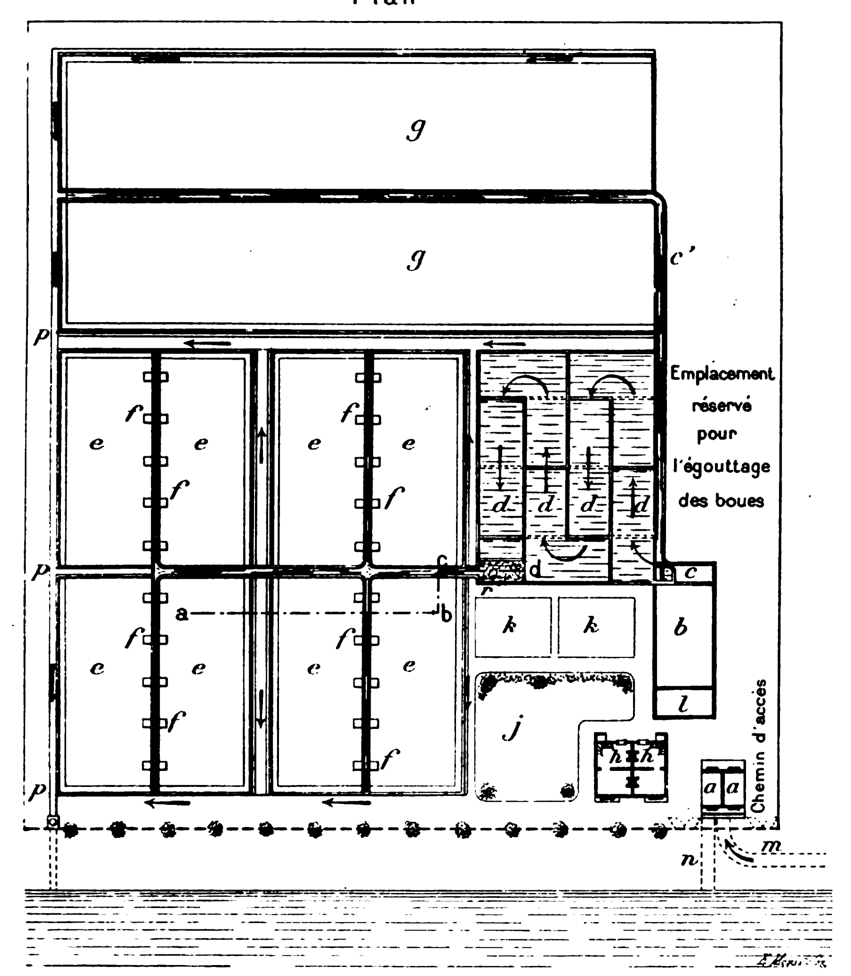


Fig. 40. — Ville de Mâcon. Épuration biologique des eaux d'égout, 3000 m³ par jour.

aa	Fosses à sable.	*j*	Pelouse.
b	Machine élévatoire.	*kk*	Jardins.
c	Laboratoire.	*l*	Charbon.
dd	Fosses septiques.	*m*	Aqueduc d'amenée des eaux.
ee	Lits bactériens.	*n*	Déversoir.
ff	Réservoirs de chasse.	*p*	Écoulement des eaux épurées.
gg	Lits d'orage.	*r*	Filtre.
hh	Habitation du personnel.		

blissant le fond des lits bactériens à la cote 173,50 (hauteur du quai).

L'installation est complétée par l'établissement de divers bâtiments accessoires : deux logements pour ouvriers *k*, un laboratoire de bactériologie *c*, hangar, etc....

La superficie totale du terrain, y compris le lit d'orage, les chemins d'accès, l'emplacement réservé pour l'égouttage des boues, etc..., est de 12000 mètres carrés.

Le devis d'ensemble comprenant la machinerie, les bâtiments et les lits bactériens s'élève à 171 000 francs.

Les frais d'entretien annuels (personnel, laboratoire et force motrice compris) sont prévus à 8400 francs, soit, par jour, 23 fr. 01 pour une moyenne de 4000 mètres cubes d'eau épurée, ce qui fait ressortir le prix du mètre cube d'eau épurée à 0 00575, ou 5 fr. 75 par 1000 mètres cubes.

*
* *

III. — **Avant-projet d'Assainissement de Lyon**, par MM. *Launay*, *Calmette* et *Imbeaux*. — Les soussignés, *Launay*, ingénieur en chef des ponts et chaussées, à Paris, docteur *Calmette*, directeur de l'Institut Pasteur de Lille, et docteur *Imbeaux*, ingénieur en chef des ponts et chaussées de la ville de Nancy.

S'étant réunis à Lyon les 11, 12 et 13 mai 1907 pour étudier, suivant la demande de M. le Maire, la situation de cette ville au point de vue des vidanges et eaux usées, et arrêter les bases d'un avant-projet d'assainissement rationnel;

Après avoir pris connaissance du projet d'assainissement dressé en 1897 par M. *Résal*, alors Directeur du Service municipal de Lyon, et avoir recueilli tous renseignements utiles auprès de M. *Auric*, directeur actuel de ce service, qui avait pris soin de les réunir dans une brochure fort intéressante ;

Après avoir également examiné les projets d'assainissement dressés récemment par divers ingénieurs sanitaires, et notamment ceux exhibés à l'Exposition d'hygiène urbaine;

Considérant qu'il importe, au point de vue hygiénique, de supprimer toute stagnation et toute fermentation des eaux vannes et usées dans les maisons et de les évacuer, au plus vite, en dehors de l'agglomération; qu'en conséquence les fosses fixes existant à Lyon et dans les localités suburbaines

devraient disparaître, et que d'ailleurs les sommes que la population paie annuellement pour la vidange de ces fosses sont élevées et pourront être remplacées avantageusement par des taxes municipales permettant de gager par un emprunt la dépense à faire pour l'établissement d'un système d'assainissement ;

Considérant que le transport par l'eau des matières de vidange (water-carriage), autrement dit le système du « tout à l'égout », est le plus économique et le plus convenable pour l'évacuation de ces matières, et que la ville de Lyon possède un service d'eau très abondant, capable d'assurer, avec l'aide de chasses, une bonne évacuation;

Considérant qu'il existe déjà un réseau de 187 kilomètres d'égouts, mais que ces canaux ne sont pas en état de recevoir les vidanges, tandis qu'il suffira d'un aménagement relativement facile pour les mettre à même d'évacuer les eaux pluviales, les eaux industrielles et les eaux de trop-plein du lac du parc de la Tête-d'Or, et qu'ainsi il paraît indiqué de recevoir les eaux vannes et les eaux ménagères dans un réseau *séparé*, à construire entièrement à neuf;

Considérant que, si les eaux pluviales peuvent se déverser sans inconvénient dans le Rhône et la Saône dans la traversée de la ville (c'est même une nécessité lors des grandes averses), il n'en est pas de même des eaux vannes et ménagères, et qu'il y aura lieu, tout d'abord, de les conduire en dehors et à l'aval de l'agglomération ;

Considérant qu'il serait véritablement trop onéreux de traiter ces eaux comme le proposait M. *Résal*, par l'épuration agricole, en les relevant par deux usines de relai, dont la seconde ne refoulerait pas à moins de 45 mètres de hauteur ;

Considérant que le Rhône, surtout après son confluent avec la Saône, a, à toute époque de l'année, un débit et une vitesse considérables, même en basses eaux, — que le fleuve possède, bien certainement, un pouvoir épurateur très grand et très rapide, — qu'aucune ville n'y prend à peu de distance son eau de boisson, — et qu'ainsi, on peut admettre le déversement des eaux vannes et ménagères dans le Rhône à l'aval de la ville;

1° En temps de hautes eaux, c'est-à-dire à un niveau supé-

rieur à $1^m,50$ au-dessus de l'étiage, en l'effectuant directement;

2° En autre temps, en ne l'effectuant qu'après une clarification et une épuration que les procédés biologiques permettent aujourd'hui de faire relativement à bon marché;

Estiment que pour la ville de Lyon et les localités suburbaines (notamment Villeurbanne et la Mulatière) conjointement, il y a un intérêt hygiénique et même économique de premier ordre à poursuivre, au plus tôt, l'étude définitive et l'exécution d'un projet rationnel d'assainissement qui aurait pour base le programme ci-après :

a) Les égouts actuels seront remaniés et régularisés, conformément aux prévisions du projet *Résal*, de manière à constituer un réseau affecté à l'écoulement des eaux pluviales, des eaux industrielles (quelques-unes après épuration dans l'intérieur des usines) et du trop-plein du lac de la Tête-d'Or; ce réseau, dit pluvial, se déversera directement dans le Rhône et la Saône;

b) Il sera établi, complètement à neuf, un réseau spécial, généralement en tuyaux, pour l'évacuation des eaux vannes et ménagères; ce réseau séparé, dit réseau-vanne, fonctionnera, autant que possible, par la gravité seule, avec l'aide de nombreux réservoirs de chasses à établir à l'origine des canalisations : il pourrait peut-être aussi recevoir utilement les eaux pluviales de certains immeubles ainsi que le produit des petites pluies, dans certaines zones.

Le débit de ce réseau qui sera sensiblement constant pourra être évalué, au moins provisoirement à 100000 mètres cubes par jour;

c) Le réseau-vanne aura trois collecteurs principaux, l'un pour la rive droite de la Saône et La Mulatière, l'autre pour la région entre Rhône et Saône, le troisième pour la rive gauche du Rhône et Villeurbanne. Ce dernier sera conduit directement jusque dans la plaine des Brotteaux-Rouges (sans dépasser Saint-Fons) à l'usine de traitement, et là, son apport serait relevé mécaniquement pour être amené audessus des plus hautes eaux du fleuve.

Le collecteur de rive droite de la Saône serait conduit, par une galerie à établir sous la rivière un peu en amont du pont

de la Mulatière, jusqu'à réunion avec le collecteur d'entre Rhône et Saône; là, des pompes prendraient le produit des deux collecteurs pour le refouler de l'autre côté du Rhône à un niveau supérieur aux plus hautes crues dans l'usine de traitement. Comme la traversée sous le Rhône serait très difficile et que, d'autre part, la ville projette un pont au lieu dit « Les Rivières », dans le prolongement du chemin vicinal n° 48 des cures du Rhône, il y aurait, semble-t-il, avantage à profiter de ce pont futur pour y faire passer les conduites du refoulement en question; quant à la force motrice actionnant les pompes de ce refoulement, elle pourrait provenir de la même usine qu'aux Brotteaux-Rouges ou inversement;

d) Amené ainsi dans la plaine des Brotteaux-Rouges, au-dessus du niveau des plus hautes eaux du Rhône, tout le sewage séparatif serait déversé directement et sans traitement dans le fleuve, lorsque celui-ci serait à plus de 1^{m},50 au-dessus de l'étiage, étant entendu que le débouché se ferait par un émissaire conduit en lit mineur et, autant que possible, en plein courant. En autres temps, le sewage serait traité d'abord par des bassins de clarification, et à leur suite par une installation d'épuration biologique partielle, capable de l'amener à un état de pureté suffisante pour enlever au déversement en Rhône, même en basses eaux, toute espèce d'inconvénient.

Il reste entendu, d'ailleurs, si des agriculteurs le demandaient, qu'une certaine partie du sewage pourrait être concédée pour l'épandage; les demandeurs, en ce cas, devraient le prendre à son arrivée, après relèvement, à l'usine de traitement, sans frais pour la ville.

***

IV. — **Ville de Lille** (Projet d'épuration des eaux résiduaires du quartier de l'Abattoir, dressé par M. *A. Degoix*). — Avant d'aborder l'étude d'un projet définitif et complet d'assainissement, la ville de Lille a décidé, en 1907, d'installer dans celui de ses quartiers qui contribue le plus à polluer la rivière la Deûle, un réseau d'égouts séparatif et de réaliser l'épuration des eaux résiduaires ainsi collectées, parmi lesquelles se trouveront tous les liquides issus des abattoirs.

La *fig.* 41 indique le plan général du quartier qu'il s'agit d'assainir, avec la disposition des conduites, celle des réser-

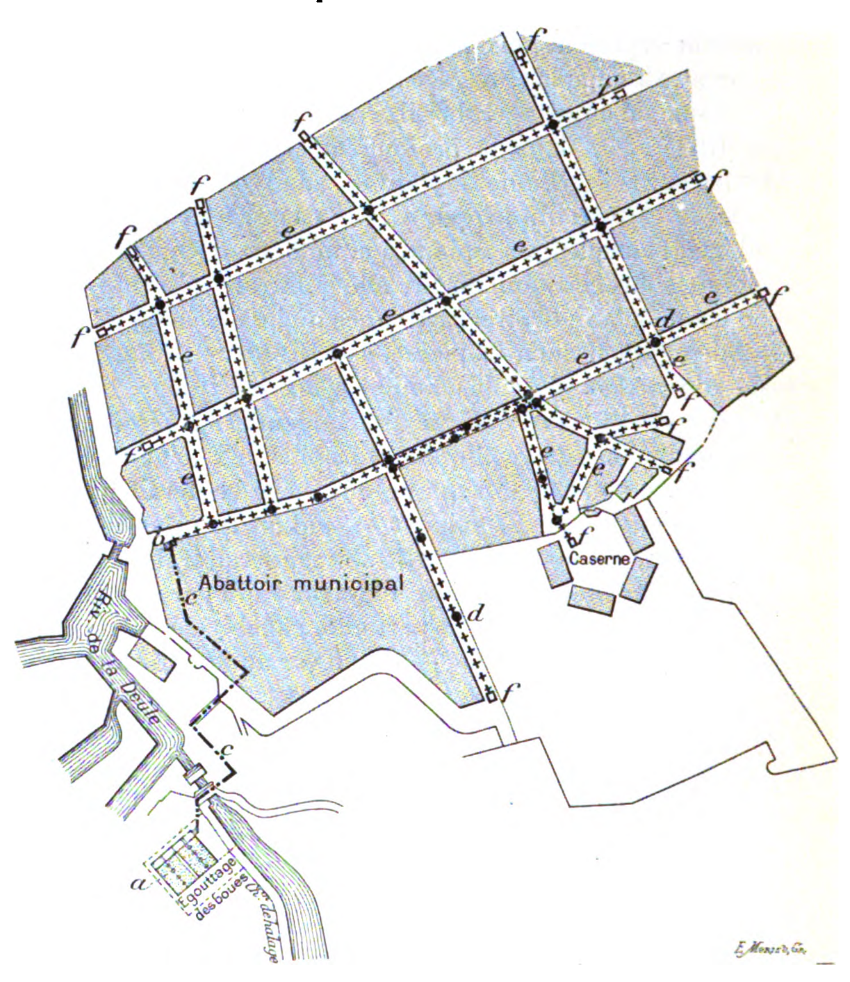


Fig. 41. — Ville de Lille. Épuration biologique des eaux résiduaires du quartier Saint-André et de l'abattoir municipal. Canalisations du système séparatif. (Projet en exécution).

a Épuration biologique.
b Salle de machines et éjecteurs.
·—· *cc* Conduites de refoulement.
● *dd* Regards de visite.
+++ *ee* Conduite d'amenée des eaux résiduaires.
ff Réservoirs de chasse.

voirs de chasse du poste d'éjecteurs et l'emplacement de la station épuratrice.

L'amenée des eaux jusqu'à celle-ci par gravitation étant

impossible, on a dû prévoir leur refoulement par l'air comprimé au moyen des éjecteurs *Shone* que nous avons décrits dans notre volume II. Ces appareils, quoique d'un rendement inférieur à celui des pompes centrifuges mues par l'électricité,

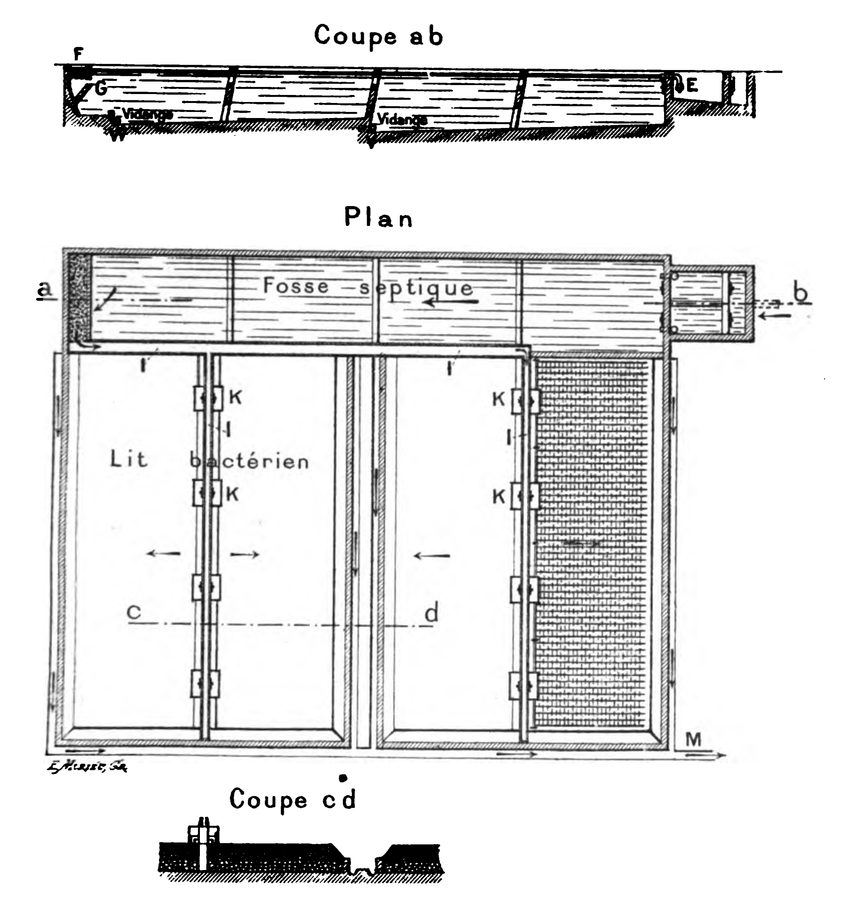


Fig. 12. — Station d'épuration biologique des eaux résiduaires du quartier de l'Abattoir, à Lille.

présentent le très grand avantage d'être d'une robustesse extrême et de n'exiger que des frais d'entretien insignifiants. Leur usure est à peu près nulle tandis que celle des pompes est très rapide.

L'épuration sera réalisée par le système biologique (voir *fig.* 12).

Les eaux arrivant en B dans deux fosses à sable permettant le nettoyage alternatif de l'une et de l'autre, pénétreront dans une fosse septique dont la coupe est représentée suivant AB. La capacité de cette fosse est de 1200 mètres cubes, ce qui représente la quantité maximum d'eau qu'elle pourra recevoir en 24 heures. Elle est divisée par trois cloisons incomplètes perforées et légèrement inclinées dans le sens du courant, de manière à accumuler les boues les plus lourdes en deux points V et W d'où elles pourront être évacuées à l'extérieur par simple pression du liquide sous-jacent.

Par E les eaux pénètrent dans la fosse septique; elles ressortent par G entre deux chicanes, l'une verticale émergeante retenant les corps flottants, l'autre oblique arrêtant les bulles de gaz et les dépôts du fond. Elles passent de bas en haut à travers le filtre à scories F et se rendent par le canal III aux réservoirs de chasse KK lesquels, munis de siphons automatiques type Doulton, déverseront par intermittences toutes les 15 minutes environ 1 mètre cube d'eau sur la section du lit bactérien percolateur que chacun d'eux doit desservir.

La répartition à la surface du lit s'effectuera par un réseau de tubes parallèles en fer, perforés en quinconces, tous les 20 centimètres, à angle de 45° sur la verticale, de manière à projeter l'eau en jets minces sous une pression variant de $0^m,50$ au début de la chasse à $0^m,20$ à la fin de celle-ci.

Le lit est construit, partie entre murs bas, perforés à la base et traversés par les drains d'évacuation, partie en talus (coupe CD), sur $1^m,75$ de hauteur.

La sortie de l'eau épurée et son écoulement à la Deûle s'effectueront par le canal M.

Cette installation sera mise en marche au cours de l'été 1908.

CHAPITRE XXV

L'ÉPURATION BIOLOGIQUE DES EAUX D'ÉGOUT EN ALLEMAGNE

I. — Institut royal prussien d'essais et d'examen pour l'approvisionnement en eau potable et pour l'épuration des eaux résiduaires. (*Königliche Versuchs und Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung*; Kochstrasse, 73, Berlin W.). — Son organisation et son fonctionnement.

Historique. — Le meilleur moyen de favoriser le large développement des agglomérations urbaines et d'y combattre les épidémies, consiste à leur assurer un bon approvisionnement en eau potable, et une bonne évacuation et épuration de leurs eaux résiduaires. L'importance de cette question est universellement reconnue; aussi, dès le 24 mars 1900, les grandes villes et les Sociétés industrielles de la Prusse déposaient-elles au Ministère une pétition réclamant l'organisation d'un Institut Central chargé spécialement de l'étude de ces questions. Cette pétition signalait en même temps les dommages causés aux communes et aux industries par certaines mesures impropres qui avaient été prises soit au sujet de l'approvisionnement en eau potable, soit au sujet de l'épuration des eaux résiduaires. Avec juste raison, la pétition rattachait ces fautes à l'absence d'un établissement spécial, dans lequel devaient se trouver réunis tous les documents sur ces questions, et où les autorités et les particuliers auraient pu s'entourer de tous les renseignements et faire effectuer tous les essais utiles.

Des commissions, composées de représentants de divers ministères, avaient bien déjà commencé l'étude des meilleures

méthodes d'épuration des eaux; mais, devant l'importance croissante de ces questions d'hygiène, ce rouage était devenu manifestement insuffisant, et la création d'un établissement central, consacré exclusivement à ces études, pouvait seule assurer les besoins des villes et des industries dans ce domaine, en centralisant toutes les études et en donnant tous les renseignements utiles.

Sur le rapport de M. le professeur *Schmidtmann*, l'État Prussien votait en 1901 les fonds nécessaires à l'organisation de cet Institut dont le fonctionnement a commencé en avril 1901. L'installation en a été faite dans un grand appartement situé à Berlin, 73, Kochstrasse, et laissé libre par la Société allemande d'agriculture. Les dépenses nécessaires à l'aménagement des bureaux et laboratoires se sont élevés à 16.000 marks seulement, car le laboratoire de chimie de la Société d'Agriculture était encore tout outillé. Le personnel comprenait alors un directeur, quatre chimistes et deux botanistes, et la somme totale mise à la disposition du nouvel établissement par l'État a été de 50.000 marks. Nous verrons plus loin que ce personnel et ces subventions sont aujourd'hui considérablement augmentés.

L'Institut est encore actuellement dans le même local; mais son installation ne répondant plus aujourd'hui à ses besoins grandissants, il sera très prochainement transféré dans une construction spéciale mieux appropriée à son activité scientifique.

But de l'établissement. — Le but de l'établissement est le suivant :

1° Il doit étudier les questions qui se rattachent à l'approvisionnement en eau et à l'épuration des eaux résiduaires, principalement au point de vue de l'hygiène des agglomérations urbaines.

2° Il doit faire les essais qui se rapportent à ces études, dans l'intérêt général.

3° Il doit exécuter, dans son domaine scientifique, les recherches qui lui sont demandées par les différents ministères, et aussi, contre rémunération, celles qui lui sont demandées par les autorités et par les particuliers.

4° Il doit donner des renseignements et des avis dans l'intérêt public.

En particulier, sous le rapport de l'approvisionnement en eau potable, ses principales attributions sont les suivantes :

Études expérimentales, scientifiques et techniques, des nouvelles méthodes d'approvisionnement et de purification des eaux potables; étude des procédés d'analyse et de contrôle.

Renseignements et conseils, au point de vue sanitaire, sur la demande des autorités ou des particuliers, sur les dispositifs d'approvisionnement en eau entrepris ou projetés.

Examen scientifique et technique de l'exploitation des services d'eaux.

Analyse des échantillons d'eaux.

Sous le rapport de l'épuration des eaux résiduaires, ses attributions principales sont les suivantes :

Examen méthodique, au point de vue sanitaire et technique, des méthodes d'épuration d'eaux résiduaires ; étude de leur efficacité et de leur mode d'utilisation; recherche de perfectionnements et de procédés nouveaux.

Établissement de plans d'études pour des recherches sur l'épuration d'eaux résiduaires de nature particulière et exécution de ces recherches.

Conseils sanitaires et techniques aux villes, communes et industries, pour les dispositifs d'épuration d'eaux résiduaires.

Analyses d'eaux d'égout, de boues, de dépôts, de terres, etc.

Détermination systématique de l'action des eaux de diverses natures sur les rivières au point de vue chimique et biologique (flore, faune, pisciculture); détermination des moyens de maintenir la propreté des cours d'eau.

Recherches sur l'action des eaux résiduaires sur le sol, sur l'utilisation des substances fertilisantes qu'elles contiennent, sur le degré de pureté que doivent présenter les eaux épurées.

L'Institut doit enfin se tenir au courant de toute la littérature allemande et étrangère sur ces questions, et signaler au Ministre compétent les points particulièrement intéressants.

Direction et personnel. — L'Institut relève du *Ministre de l'Instruction publique*. Tous les trimestres, une commission se

réunit pour examiner la marche de l'établissement et faire un rapport sur ses travaux. Cette Commission est formée de représentants de tous les ministères intéressés, c'est-à-dire du ministère de l'Instruction publique, du ministère de l'Intérieur, du ministère de l'Agriculture, des domaines et des forêts, du ministère du Commerce et de l'Industrie, du ministère des Travaux publics et du ministère des Finances.

Le directeur actuel est M. le professeur *Schmidtmann*, qui a la surveillance de tout le fonctionnement de l'établissement, et qui est, de droit, président de la Commission signalée ci-dessus.

L'Institut a, en outre, comme directeur technique, M. le professeur Dr *Günther*, qui est chargé plus spécialement de la direction intérieure.

Le personnel scientifique comprend actuellement les deux directeurs, 13 membres, 2 membres adjoints et 10 assistants, soit au total 27 personnes. Toutes les branches de la science qui sont nécessaires pour l'étude des eaux s'y trouvent représentées; plusieurs médecins s'occupent des rapports de la médecine et de l'hygiène avec la question des eaux potables et des eaux résiduaires; des bactériologistes et des chimistes sont chargés des analyses et des recherches sur les procédés d'épuration des eaux; des botanistes étudient les eaux au point de vue de leur flore et recherchent les rapports qui existent entre cette flore, la composition chimique des eaux et leur degré de contamination; des zoologistes s'occupent des relations entre la composition des eaux et la faune, notamment au point de vue de la pisciculture; des ingénieurs enfin sont chargés d'examiner les plans qui sont transmis, d'en dresser parfois et de donner leur concours à l'organisation technique des essais nécessaires.

L'Institut est ainsi divisé en quatre sections principales :

1° La section chimique, qui s'occupe de toutes les analyses et recherches d'ordre chimique. Son directeur est M. le professeur *Thumm*.

2° La section bactériologique qui a dans ses attributions toutes les analyses et recherches bactériologiques, et dont le directeur est M. le professeur *Wolpert*.

3° La section botanique, qui s'occupe de la flore des eaux,

de l'étude des protozoaires, des cultures dans l'utilisation agricole des eaux résiduaires, etc.; son directeur est M. le professeur *Kolkwitz*.

4° La section technique, composée de trois ingénieurs, qui a dans ses attributions tout ce qui se rattache aux plans, travaux, dessins et appareils.

Analyses. — Recherches. — Les principales analyses effectuées par l'Institut sont des analyses chimiques et bactériologiques d'eaux potables et d'eaux résiduaires; on fait, en outre, un assez grand nombre d'examens de projets d'approvisionnement en eau potable. Les analyses sont effectuées d'après un tarif assez élevé. Pour les avis et consultations, ils sont comptés d'après le temps et le travail qui y sont consacrés, à raison de 30 marks par jour de travail exigé. Quand des voyages sont nécessaires, ils donnent lieu à une indemnité journalière de 20 marks, non compris les vacations et frais de voyage qui sont déterminés par la loi. Les analyses nécessitées par une consultation sont comptées au tarif ordinaire.

Le nombre de demandes soumises à l'Institut a été ainsi, en 1901, de 121, en 1904, de 362 et en 1905, de 367. Sur ce dernier chiffre, 165 provenaient des autorités d'État, 113 des autorités communales, 77 des particuliers et 12 du ministère de l'Instruction publique. Les échantillons reçus ont atteint les chiffres suivants :

En 1901	910	En 1904	1546
— 1902	1124	— 1905	1482
— 1903	1297	— 1906	1882

L'Institut a réalisé ainsi, en 1905, une somme de 56.748 marks 52. En outre, des voyages de consultations ont été effectués dans près de 100 villes d'Allemagne en 1905.

Le service des analyses d'eaux est un des plus importants et des plus actifs de l'établissement. Un questionnaire spécial a été préparé pour l'examen des projets d'alimentation en eau. Ce questionnaire, qui doit être rempli par le Maire de la commune et par l'auteur du projet, comprend tous les renseignements utiles à connaître sur l'alimentation actuelle en eau,

la présence ou l'absence de maladies contagieuses, l'emplacement, les besoins, etc. Il permet à l'Institut de se rendre compte exactement de la valeur des dispositions prises et de donner un avis motivé. Un autre questionnaire se rapporte aux renseignements nécessaires pour l'examen des eaux potables. Enfin une notice donne les instructions à suivre pour les prises d'échantillons.

L'Institut se trouve ainsi parfaitement documenté pour chaque cas spécial qui lui est soumis.

L'organisation administrative du service n'est pas moins remarquable. L'Institut possède la carte complète, au 1/500.000e, de toute la Prusse, sous forme de feuilles dont les dimensions correspondent à peu près à celles des quarts de feuilles de notre carte d'État-major. Chaque ville qui envoie un échantillon est soulignée aussitôt sur la carte, à l'encre rouge, si elle ne l'est déjà. Quand une analyse arrive à l'établissement, on examine d'abord la carte de la région, et on sait ainsi immédiatement s'il a été déjà fait des analyses d'eaux de cette ville, ou des villes voisines, et la position réciproque de ces villes les unes par rapport aux autres. L'analyse effectuée est transcrite sur une fiche qui porte tous les renseignements nécessaires sur l'endroit, la nature de la source, etc., et reproduit les chiffres de l'analyse. Toutes ces fiches sont classées par ordre alphabétique, et on peut ainsi retrouver très rapidement toutes les analyses d'eaux antérieures qui intéressent une ville déterminée ou un périmètre donné. La comparaison de ces analyses entre elles, qui peut s'effectuer à toute époque, et l'examen des cartes permettent de constater avec précision un grand nombre de faits qui passent le plus souvent inaperçus, tels que l'étendue de certaines contaminations, leur origine probable, leur nature accidentelle ou permanente, etc. Bien que cette organisation n'existe que depuis quatre ans, elle possède déjà une collection précieuse de fiches, et les services qu'elle est susceptible de rendre deviendront évidemment d'autant plus grands que sa documentation sur les eaux en Allemagne sera plus complète.

Il est à signaler que les chemins de fer de l'État prussien envoient à l'Institut, plusieurs fois par an, un grand nombre de demandes d'analyses, soit pour les eaux potables dans les

gares, soit pour les eaux d'alimentation des locomotives. L'organisation signalée ci-dessus existe spécialement pour les chemins de fer, dont les fiches, de couleur différente, sont également conservées et classées par le service des eaux de l'Institut.

Les laboratoires sont parfaitement outillés, mais de dimensions trop restreintes. Cet inconvénient disparaîtra d'ailleurs quand l'établissement sera transféré dans les nouveaux bâtiments en construction.

Le service bibliographique mérite une mention spéciale. La bibliothèque possède la majeure partie des livres et journaux allemands et étrangers qui se rapportent aux questions des eaux. Chaque livre ou article qui paraît est noté sur des fiches spéciales, portant l'indication du nom de l'auteur, de la nature du travail et du numéro du journal qui le renferme. Ces fiches sont classées en quatre catégories : noms d'auteurs, noms de fleuves, noms de villes et matières. Chaque article est classé, suivant sa nature, dans une ou plusieurs de ces catégories. Par exemple, les articles signés qui se rapportent à une ville déterminée donnent naissance à deux fiches : une relative au nom d'auteur, l'autre relative à la ville. Toutes ces fiches sont classées par ordre alphabétique dans chaque catégorie.

Le travail bibliographique devient ainsi extrêmement facile. Demande-t-on des renseignements sur l'Elbe, par exemple : les fiches classées dans la catégorie : Fleuves, sous la rubrique : Elbe, signalent immédiatement tout ce qui a été publié sur ce cours d'eau. Il en est de même pour l'assainissement ou l'alimentation en eau d'une ville quelconque. En outre, la classification « matières » permet de retrouver du premier coup toute la bibliographie relative à une question donnée, par exemple l'emploi de l'ozone pour la stérilisation des eaux potables. Enfin la classification par noms d'auteurs permet de retrouver sans difficulté tous les articles dont on ne connaît que l'auteur.

Indépendamment de cette organisation bibliographique, le secrétariat de l'Institut effectue un travail et une classification semblables, en quatre catégories, de toutes les recherches qui sont faites à l'établissement sur les diverses villes et fleuves d'Allemagne et sur les diverses matières. L'Institut

possède ainsi une organisation bibliographique absolument remarquable par son étendue et par la rapidité avec laquelle elle peut fournir les renseignements les plus complets sur toutes les questions qui se rattachent aux eaux potables, industrielles, naturelles ou résiduaires.

Les principales recherches effectuées par l'établissement depuis cinq ans ont été les suivantes : étude de l'épuration des eaux résiduaires par voie chimique et biologique, examen des diverses méthodes; étude des procédés d'analyse, de la flore et de la faune des eaux et de leurs modifications suivant la nature et la contamination des rivières; recherche des meilleures méthodes bactériologiques qui permettent de juger de la valeur d'une eau, etc....

En dehors de ces recherches, l'Institut a eu à donner très fréquemment son avis sur des installations d'alimentation en eau ou d'épuration d'eaux résiduaires.

L'Institut possède, en outre, à *Charlottenburg*, près *Berlin*, une station expérimentale où l'on peut se livrer à des études pratiques sur l'épuration des eaux résiduaires. C'est ainsi que l'installation biologique faite pour l'épuration des eaux de la ville de Wilmersdorf, près Berlin (200 000 hab.), a été précédée d'essais pratiques effectués à la station pour déterminer les meilleures conditions de travail. On y procède, en outre, à toutes les expériences relatives à l'influence de la grosseur des matériaux, à l'étude et à la comparaison des diverses méthodes d'épuration, etc....

Publications. Cours. — Les résultats fournis par toutes ces recherches sont réunis dans une publication([1]) paraissant sous forme de fascicules à intervalles réguliers.

En dehors de ses attributions déjà signalées, l'Institut donne également chaque année plusieurs séries de cours, d'une durée de 10 jours en moyenne, destinés aux fonctionnaires des services municipaux, des services médicaux et aux inspecteurs des industries. Ces cours ont pour but de leur faire connaître les questions d'hygiène qui rentrent dans leurs attributions, de leur exposer chaque année les progrès réa-

([1]) *Mittheilungen aus der königlichen Prüfungsanstalt fur Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung* — August Hirschwald, Unter den Linden, 68, Berlin.

lisés dans ces domaines, afin qu'ils possèdent toute la compétence voulue dans l'exercice de leurs fonctions. Ces cours, professés par le personnel de l'Institut, comprennent principalement : les rapports de l'alimentation en eau potable avec la santé publique, de la géologie avec les couches aquifères; l'épuration des eaux résiduaires des villes et des industries; l'utilisation des résidus tels que boues, gadoues, ordures ménagères; les méthodes d'analyse et de contrôle des eaux; l'épuration des eaux potables; la construction des canalisations; la législation sanitaire, etc.... Des excursions sont, en outre, organisées dans les installations d'épuration d'eaux, dans les stations de pompes, les champs d'épandage, etc..., qui se trouvent au voisinage de Berlin. Cette innovation très heureuse assure la compétence des fonctionnaires en leur permettant de s'instruire et de se tenir au courant de tous les progrès réalisés dans les questions qui les intéressent.

Ressources de l'Établissement. — L'Institut possède des ressources assez considérables qui proviennent en partie du Ministère de l'Instruction publique, en partie des analyses et études faites par l'Établissement. L'État assure à l'Institut une somme annuelle de 130 000 marks; mais comme les analyses et études rapportent en moyenne 70 000 marks par an, la contribution réelle du Ministère se réduit à 60 000 marks, soit 75 000 francs par an.

Mais ces 130 000 marks ne constituent pas les seules ressources de l'Institut. Il reçoit, en outre, une subvention très importante des villes, communes, industries et particuliers, par la voie de la « Société pour l'approvisionnement en eau et pour l'épuration des eaux résiduaires ». Cette Société, créée depuis quelques années, comprend 55 grandes villes de Prusse et 11 sociétés industrielles importantes, notamment celles des fabricants de sucre, des ingénieurs allemands, des fabricants de papier, de cellulose, etc.... Elle a pour but d'apporter son appui à l'étude de toutes les questions relatives à l'approvisionnement en eau et à l'épuration des eaux résiduaires. Un accord a été conclu entre l'Institut et cette Société pour unir leurs efforts vers le but commun. La Société soumet à l'Institut les propositions qui lui paraissent

intéressantes à étudier au point de vue des villes et des industries; le plan de travail est discuté et élaboré entre l'Institut, le président de la Société et, au besoin, d'autres personnes dont les connaissances spéciales peuvent être utiles. Les études sont exécutées, soit dans les installations qui appartiennent aux villes ou aux industries qui font partie de la Société, installations qui doivent, dans ce cas, être mises à la disposition de l'Institut, soit dans des installations faites avec les ressources de la Société. Celle-ci doit prêter son concours à l'Institut pour l'étude de toutes les questions du domaine de l'approvisionnement en eau ou de l'épuration des eaux résiduaires, et particulièrement mettre à sa disposition des praticiens expérimentés qui viennent apporter leur appui pour la réalisation pratique des études. C'est là un avantage très considérable pour l'établissement, qui trouve ainsi, dans toute la Prusse, pour les questions qui lui sont soumises, le concours des praticiens et des hommes compétents de chaque localité, et cette collaboration facilite beaucoup la solution des problèmes envisagés. L'Institut reçoit, en outre, dans la limite des places disponibles, les médecins, chimistes et ingénieurs envoyés par les communes et les industriels qui font partie de la Société, pour les mettre au courant des méthodes de contrôle et d'analyse des eaux. Enfin, les membres de la Société ont droit à un rabais de 25 pour 100 sur le tarif des analyses pour les recherches qu'ils font effectuer à l'Institut.

Telles sont les bases générales de l'accord entre l'Institut et la Société pour l'approvisionnement des villes en eau et pour l'épuration des eaux résiduaires. Celle-ci verse dans ce but, à titre de subvention, une somme annuelle de 50 000 marks à l'Établissement. Cette collaboration produit les plus heureux résultats. D'abord, elle donne à l'Institut un supplément de ressources très important; ensuite elle lui permet de diriger ses études dans un sens réellement pratique, en enseignant les questions qui intéressent particulièrement les villes et les industries prussiennes. Les renseignements s'obtiennent, en outre, très aisément; le concours pratique des services municipaux, des industriels est acquis, et ces circonstances facilitent beaucoup les recherches et permettent de déterminer avec précision les données de chaque problème.

On voit, par ce qui précède, que les ressources totales annuelles de l'Institut se montent environ à 180 000 marks, soit 225 000 francs. Le développement prodigieux de cette institution, qui n'a que cinq années d'existence, montre à quelles nécessités répondait sa création. La Prusse possède aujourd'hui un établissement merveilleusement outillé pour l'étude de toutes les questions hydrologiques, et capable d'aider et de guider les villes et les industries dans les problèmes si importants, si fréquents et si difficiles, qui se présentent sans cesse au point de vue des eaux. L'efficacité de ce rouage est encore accrue par la collaboration parfaite qui existe entre ses services d'une part, et les services municipaux et les industries d'autre part. Ce dernier fait mérite d'être particulièrement signalé : loin d'accueilllir avec hostilité ou indifférence la création de cet Institut et l'aide officielle qu'il leur apporte, les villes et les industries se sont préoccupées aussitôt de lui ouvrir largement leurs portes, d'entrer en rapports avec lui, de le subventionner et de joindre leurs efforts aux siens pour l'étude de toutes ces questions d'intérêt public. Il serait bon, en France, que nous méditions cet exemple si rare d'union et de collaboration intime des divers services administratifs et privés, en vue de la solution des problèmes d'hygiène générale si importants pour la santé publique.

II. — Station expérimentale de Hambourg.

La station expérimentale de *Hambourg* a été construite en 1895. Elle a coûté 50 000 marks et dispose d'une subvention annuelle de 10 200 marks.

Son installation a été faite de manière à pouvoir y étudier et y comparer les diverses méthodes d'épuration des eaux et de désinfection. Les eaux arrivent d'abord dans un réservoir, d'où un dispositif permet de les faire passer dans les appareils de la station ou de les évacuer au contraire au dehors si l'on veut suspendre l'alimentation. Les eaux passent alors dans une fosse à sable de $3^{m},70 \times 2$ mètres, portant en son milieu une grille dont les barreaux sont à 1 centimètre d'écartement.

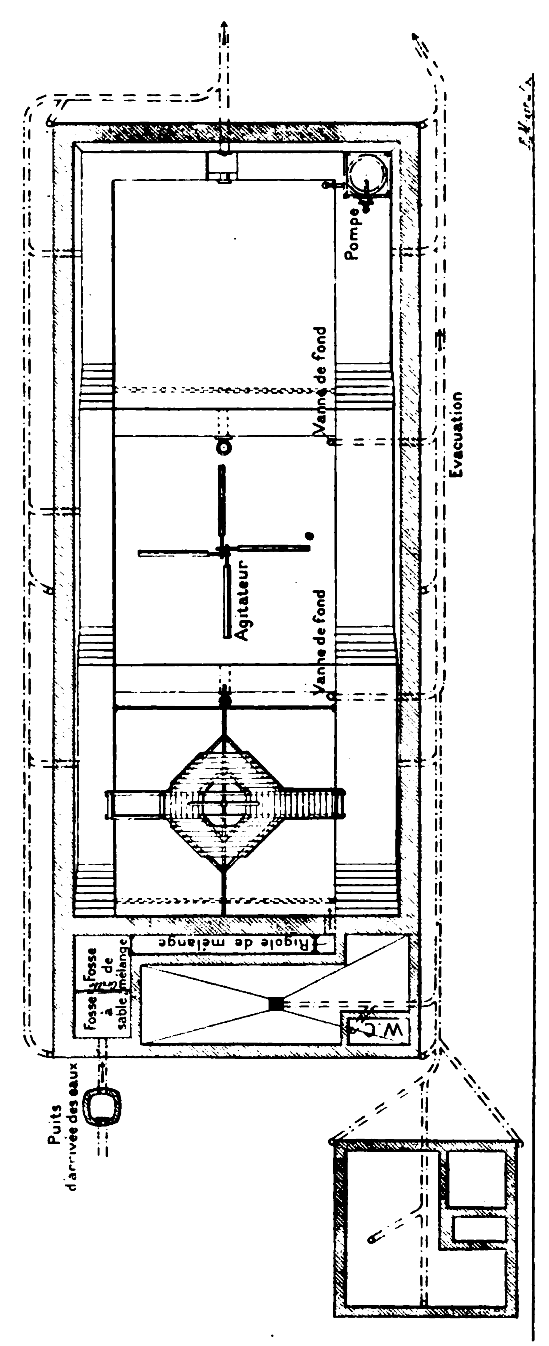


Fig. 15. — Station expérimentale de Hambourg. (Plan.)

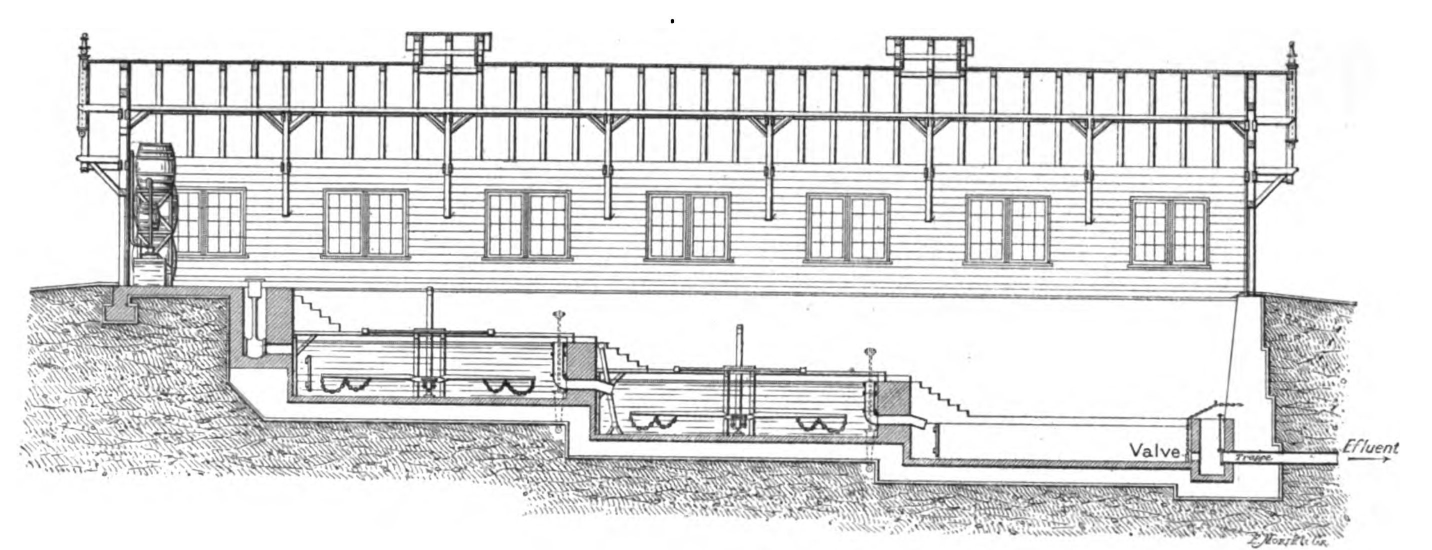


Fig. 11. — Station expérimentale de Hambourg. (Coupe longitudinale.)

De cette fosse, les eaux se rendent dans un canal de 60 centimètres de largeur, dans lequel on peut éventuellement faire une addition de produits chimiques. Ce canal porte une vanne d'évacuation vers la canalisation de sortie, de sorte qu'on peut ne faire passer dans les appareils d'évacuation que la quantité d'eau voulue. A la suite de ce canal viennent trois bassins de clarification de 64 mètres carrés de surface et de 1^{m},50 de profondeur, disposés en cascade, pour permettre d'évacuer par un tuyau et sans pompe le contenu d'un bassin dans le bassin immédiatement inférieur. Les bassins sont munis d'agitateurs qu'on peut placer ou enlever suivant les besoins. Chaque bassin porte en outre une vanne de fond qui permet d'évacuer le liquide dans la canalisation de sortie. La station comprend enfin un laboratoire de chimie.

Les figures 43 et 44 représentent une coupe longitudinale et un plan de cette installation.

Dunbar et ses élèves ont effectué dans cette station expérimentale d'importantes études sur la désinfection des eaux d'égout et sur les procédés de clarification chimiques et mécaniques. Depuis 1897, les études ont surtout porté sur les procédés biologiques, et les résultats de ces travaux ont été en grande partie signalés dans le présent volume et dans nos volumes antérieurs. Dans les recherches sur les procédés biologiques, le premier bassin sert pour la mesure des eaux, ce qui permet en outre, grâce à la présence de l'agitateur, un échantillonnage rigoureux. Le deuxième bassin sert de lit bactérien, et le troisième de filtre à sable.

III. — Station d'épuration des eaux de Wilmersdorf.

Cette station a été construite à *Stahnsdorf*, près *Berlin*, pour l'épuration des eaux des faubourgs de *Wilmersdorf*, de *Schmargendorf*, de *Zehlendorf* et de *Teltow* (*fig.* 45). Les eaux sont d'abord amenées à une station de pompes d'où on les envoie aux lits épurateurs. La canalisation d'égouts est construite, pour les trois quarts, d'après le système séparatif, et pour un quart d'après le système unitaire. Les eaux, en arrivant à la station de pompes, passent d'abord dans une fosse à sable et

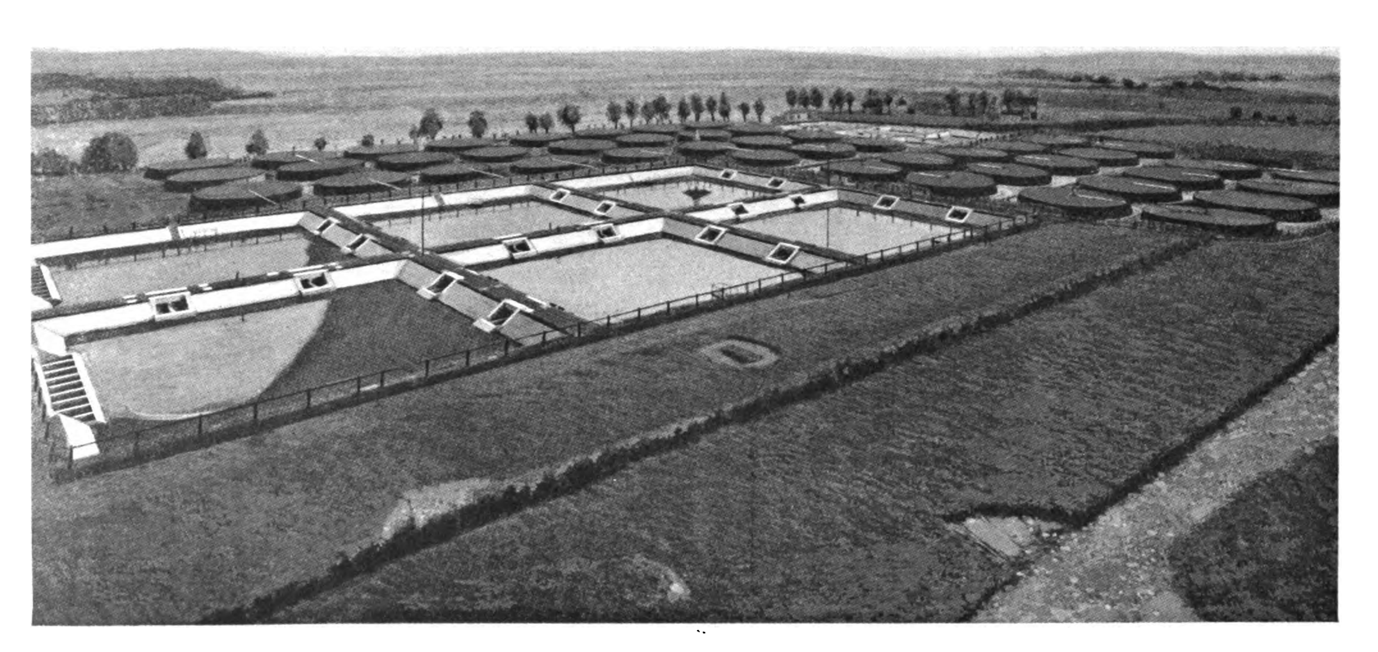


Fig. 15. — Vue générale de la station d'épuration biologique de ***Wilmersdorf***, près ***Berlin***.
(Fosses septiques et lits bactériens percolateurs à *Sprinklers*.)

sont débarrassées par une grille des corps étrangers volumineux. Les matières déposées dans la fosse sont enlevées par une drague électrique, déversées dans des wagonnets et de là dans des wagons d'une contenance de 2 mètres cubes. L'enlèvement de ces boues occasionne une dépense en électricité de 0 mk 10 par mètre cube de boue enlevée.

La station de pompes comprend quatre machines dont chacune peut aspirer à chaque tour 200 litres d'eau, pour les refouler à une hauteur maximum de 67^{m},4. Le nombre de tours à la minute est au minimum de 30 et au maximum de 90. Ces pompes sont reliées à des moteurs, soit à gaz d'éclairage, soit à gaz à l'eau. Pour la production du gaz à l'eau, on a disposé quatre générateurs dont chacun est capable de produire du gaz pour environ 180 chevaux. Deux appareils suffisent ordinairement dans les temps de sécheresse.

Les frais d'installation de cette station de pompes se sont élevés à 1 400 000 marks, qui se répartissent de la façon suivante :

Fondations	200 000 marks
Bâtiments	260 000 —
Machines	716 000 —
Bâtiments annexes	113 000 —
Cours, jardins, canalisations	67 000 —
Divers	44 000 —
TOTAL	1 400 000 marks

Le personnel de la station de pompes comprend un directeur, trois machinistes, trois chauffeurs et cinq hommes.

L'épuration des eaux se fait par les procédés biologiques. Quand la ville de *Wilmersdorf* a voulu procéder à l'épuration de ses eaux, il ne lui a pas été possible de trouver, dans le voisinage, des terrains appropriés pour l'épandage et de dimensions suffisantes. Elle a dû acheter à *Stahnsdorf*, pour le prix de 120 000 marks, un terrain de 34 hectares pour y installer l'épuration biologique. A ce terrain, on a ajouté ensuite 33 hectares, d'un prix plus élevé, afin de pouvoir épurer les eaux de *Schmargendorf*, de *Zehlendorf* et de *Teltow*. Le prix total des 67 hectares s'est élevé à 500 000 marks.

Les eaux sont amenées à l'épuration par une canalisation en fonte de 16 kilomètres 800 de longueur, qui a son point de

départ à la station de pompes de *Wilmersdorf*. Le diamètre de la canalisation, qui est de 850 millimètres au départ, est de 1 050 millimètres à l'arrivée à la station d'épuration. Cette canalisation a coûté à elle seule 3600000 marks.

STATION D'ÉPURATION PROPREMENT DITE. — L'installation a été faite pour l'épuration des eaux de 631 000 habitants :

Wilmersdorf	328 000 habitants
Schmargendorf	78 000 —
Zehlendorf	150 000 —
Teltow	75 000 —
TOTAL.	631 000 habitants

On a construit jusqu'ici les appareils nécessaires pour l'épuration des eaux de 200000 habitants, en réservant pour plus tard l'extension de la station pour les 431 000 autres habitants. La production d'eau d'égout étant en moyenne de 108 litres par tête d'habitant et par jour, il a fallu tabler sur un volume d'eau à épurer, par temps sec, de 21 600 mètres cubes par jour.

L'eau envoyée par les pompes traverse d'abord un puits de répartition, puis se rend aux bassins de décantation. Ceux-ci sont au nombre de six. Chacun d'eux a une surface de 361 mètres carrés au fond et de 810 mètres carrés à la hauteur du niveau de l'eau. La profondeur est de 3m,15; le volume total de 1 800 mètres cubes. Les rebords et le fond sont bétonnés pour éviter toute infiltration. Le fond de chaque bassin est en pente des deux côtés vers une ouverture centrale par laquelle on peut évacuer les boues accumulées dans les bassins. Les six bassins sont réunis entre eux et, dans le travail normal, l'eau doit les traverser tous les six avant de se rendre aux appareils épurateurs. Quand un bassin est en nettoyage, l'eau traverse seulement les cinq autres, mais la hauteur d'eau y est élevée à 3m,50 au lieu de 3m,15, de sorte que la capacité totale des bassins de décantation reste sensiblement la même.

L'eau qui sort des bassins de décantation passe dans une chambre de 142 mètres carrés de surface, d'où elle est distribuée dans des lits bactériens percolateurs. La description du système répartiteur employé à cet effet a été donnée dans notre deuxième volume. Chaque envoi d'eau sur les lits est

inscrit par un enregistreur automatique, de sorte que le contrôle du fonctionnemeut se fait sans difficulté.

L'épuration s'effectue sur lits bactériens percolateurs à *Sprinklers* : ces lits sont au nombre de 56. Leur diamètre est de 20 mètres en moyenne, leur hauteur de 2^{m},50, leur volume de 785 mètres cubes. Les lits sont construits sur une base légèrement conique, dont la pente dirigée vers l'extérieur permet l'écoulement facile des eaux. Sur cette base sont maçonnées des rangées de briques qui constituent un drainage parfait. Une gouttière entoure chaque lit, et recueille l'eau épurée qui s'en échappe. Chaque gouttière porte une ouverture par laquelle l'eau s'écoule dans un canal souterrain pour se rendre à des bassins de décantation.

Les matériaux utilisés pour la construction des lits sont des morceaux de coke dont la grosseur varie de celle du poing à celle de la tête. A une hauteur de 1^{m},25 au-dessus du sol se trouvent 8 tuyaux dirigés suivant les rayons et percés de trous, afin d'assurer l'aération à l'intérieur des lits.

Le *Sprinkler* est constitué par quatre tuyaux en fonte de 10 centimètres de diamètre, percés de trous. Ces tuyaux tournent autour d'un axe situé au milieu du lit. L'axe est formé par un tube vertical de 20 centimètres de diamètre; il plonge dans un joint de mercure dont la hauteur est calculée pour rendre impossible tout débordement d'eau. Les trous sont percés d'un seul côté sur les bras des *Sprinklers*, de manière que l'eau s'échappe horizontalement, pour tomber à la surface des lits. Le nombre des trous a été calculé de telle sorte que chaque mètre carré de surface de lit reçoive la même quantité d'eau, aussi bien au centre qu'au bord. L'extrémité des tuyaux est fermée par des bouchons faciles à enlever, afin de permettre le nettoyage intérieur des tuyaux au moyen de brosses.

Le temps qui s'écoule entre deux décharges sur les lits varie avec la quantité d'eau envoyée par les pompes. Il est, en moyenne, de 12 minutes, et l'écoulement dure de 1/2 à 1 minute. Chaque *Sprinkler* peut être isolé des autres et chargé séparément; on peut étudier ainsi jusqu'à quel volume on peut pousser l'alimentation journalière sans nuire à l'épuration.

A la sortie des *Sprinklers*, l'eau s'écoule dans six bassins de décantation où elle se débarrasse des matières entraînées

par le passage à travers les lits. Chaque bassin a une surface de 140 mètres carrés au fond et de 460 mètres carrés à la hauteur du niveau de l'eau : son volume est de 910 mètres cubes. Leur construction est identique à celle des bassins de décantation de l'eau brute.

L'eau décantée peut alors être envoyée directement au canal, ou subir encore un traitement sur des filtres *Chorley*. Ces filtres ont une surface de 28 000 mètres carrés pour les 21 000 mètres cubes d'eau à traiter par jour, de sorte que chaque mètre carré reçoit en moyenne $0^{m^3},75$ d'eau par jour. Ces filtres ont pour but de compléter la séparation des fines matières en suspension et de réduire, en outre, le nombre des microbes de l'eau épurée. Le fond et les parois de chaque filtre sont maçonnés; la couche filtrante est formée par du sable dont l'épaisseur varie de $0^m,60$ à 0^m80 : un drainage permet l'évacuation de l'eau dans des fossés qui se raccordent au canal.

On a également prévu les dispositifs nécessaires pour l'enlèvement des boues. Une canalisation de 200 millimètres de diamètre est disposée à droite et à gauche des bassins de décantation de l'eau brute; cette canalisation se raccorde avec les ouvertures ménagées dans les bassins. Quand un bassin doit être vidé, on commence par évacuer, au moyen d'une pompe, l'eau décantée, puis on envoie par siphonnage la vase dans des bassins spéciaux. Ces bassins sont au nombre de 13; ils peuvent contenir environ 30 000 mètres cubes de boues.

Le personnel occupé à la station comprend un directeur et quatre gardiens.

La surface occupée par les appareils actuellement construits et par les filtres *Chorley* est de 12,2 hectares, non compris le terrain nécessaire pour le traitement des boues. Comme il faut réserver environ 21,5 hectares pour l'agrandissement ultérieur de la station, il reste donc 33 hectares pour le dépôt des boues.

La station fonctionne depuis septembre 1906 et on a pu déjà faire quelques constatations intéressantes. Pendant les périodes de froid de décembre 1906, le thermomètre est descendu à — 21°,5 c.: les trous des tuyaux des *Sprinklers* se sont bouchés par suite de leur diamètre trop étroit (3 millimètres),

bien que l'eau n'ait jamais eu une température plus basse que + 5°,5. Ce phénomène s'est produit surtout pendant la nuit, quand l'alimentation est faible : il s'écoule alors parfois plus d'une heure entre deux décharges successives, ce qui facilite la congélation de l'eau à l'orifice des trous. Après avoir élargi les trous des *Sprinklers* de manière à leur donner un diamètre de 10 millimètres, tout accident a disparu et le fonctionnement est devenu régulier.

D'autres difficultés ont eu pour cause la congélation de l'eau et l'accumulation de la neige dans les gouttières ouvertes qui entourent les lits. On a dû en surélever les bords et les couvrir pour éviter ces obstructions.

Les frais de construction et d'installation ont été les suivants :

Terrain	500 000 marks
Canalisation	3 500 000 —
Maçonnerie et terrassements	1 005 000 —
Lits bactériens	850 000 —
Filtres pour l'eau épurée	150 000 —
Téléphone	25 000 —
Bâtiments	95 000 —
Dispositifs pour recueillir les boues	15 000 —
Canalisation d'évacuation	360 000 —
Total	6 500 000 marks

Les frais d'exploitation se sont élevés à 16 000 marks. pour l'année 1907, ainsi répartis :

Salaires	9 400 marks
Traitement des boues	1 600 —
Entretien	2 000 —
Recherches chimiques et bactériologiques	3 000 —

Il est juste de faire remarquer que les frais d'installation comprennent toute la canalisation d'adduction et tout le terrain nécessaire pour l'agrandissement ultérieur. La dépense par tête d'habitant sera donc considérablement réduite après la réalisation complète de l'installation pour les 631 000 âmes de *Wilmersdorf*, *Schmargendorf*, *Zehlendorf* et *Teltow*.

CHAPITRE XXVI

L'ÉPURATION BIOLOGIQUE DES EAUX D'ÉGOUT EN ANGLETERRE ÉCOSSE ET IRLANDE

Nous avons décrit, dans le deuxième volume de ces Recherches, les dispositifs d'épuration biologique réalisés dans quarante-deux villes du Royaume Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande, d'après les documents qu'il nous avait été possible de nous procurer. Dans quelques-unes de ces villes, particulièrement à *Birmingham*, de très importants progrès ont été réalisés depuis l'année dernière. Nous avons tenu à aller les étudier sur place et nous rapportons ci-après les résultats de notre nouvelle enquête.

Lorsqu'on constate l'énorme chemin parcouru par nos voisins d'Outre-Manche en matière d'assainissement des villes; lorsqu'on voit avec quelle méthode les procédés d'épuration biologique ont été expérimentés, puis appliqués par eux, on est en droit de se demander pourquoi en France nous en sommes encore à disserter sur la valeur respective de ces procédés et de l'épandage!

Grâce à la complaisance des administrations sanitaires de *Londres*, de *Dublin*, et d'*Edimbourg*, nous avons pu obtenir la liste officielle des villes autorisées par le *Local Government Board* à traiter leurs eaux d'égout par les divers systèmes d'épuration biologique (septic-tanks, lits bactériens de contact ou lits à percolation).

En mars* 1907, *ces villes ou localités étaient au nombre de* 231 *pour l'Angleterre seule, de* 15 *pour l'Irlande et de* 38 *pour l'Écosse, soit* 284 *pour tout le Royaume Uni!

En voici l'énumération par ordre alphabétique pour chaque pays.

ANGLETERRE

Alford.
Altofts.
Altrincham.
Alvaston and Boulton.
Andover.
Ardsley.
Ashton-in-Makerfield.
Ashton-under-Lyne.
Aylesbury.
Baildon.
Barnsley.
Barrowford.
Barwick in Elmet (Tadcaster R. D.).
Batley.
Belper.
Bilston.
Bingley.
Birmingham.
Birstall.
Bolsover.
Bolton.
Bracknell (Easthampstead R. D.).
Bradford-on-Avon.
Bredbury and Romilly.
Brentwood.
Brierfield.
Brighouse.
Buckhurst Hill.
Burnley.
Burslem.
Burton-on-Trent.
Cambridge.
Cannock.
Carlisle.
Carlton.
Chard.
Cheam.
Cheltenham.
Chertsey.
Cheshunt.
Chester.
Chipping Ongar.
Chorley.
Church Stretton.
Clay Cross.
Cobham.
Colchester.
Congleton.
Coventry.
Crewe.
Croydon.
Darfield.
Darwen.
Devizes.
Dorchester.
Drayton-in-Hales.
Drighlington.
Droylsden.
Durham.
Ealing.
East Barnet Valley.
Eccles.
Edmonton.
Epsom.
Ewel.
Exeter.
Failsworth.
Farnborough.
Featherstone.
Fenny Stratford.
Fenton.
Festiniog.
Finchley.
Frimley.
Fulwood.
Gelligaer and Rhigos.
Godstone.
Gomersal.

Gorton.
Grays Thurrock.
Greasborough.
Great Ouseburn.
Greetland.
Guildford.
Hale (Bucklow, R. D.).
Halifax.
Hanley.
Hanwell.
Harold Wood (Romford, R. D.).
Harrogate.
Harrow-on-the-Hill.
Hartley Wintney.
Havant.
Haworth.
Hayes.
Heaton Norris.
Hendon.
Heston and Isleworth.
Heywood.
Hindley.
Holmfirth.
Hornchurch (Romford R. D.).
Hornsey.
Horsforth.
Horwich.
Hoyland Nether.
Hucknall-under-Huthwaite.
Huddersfield.
Hyde.
Ilford.
Ilkley.
Itchen and Bitterne.
Keighley.
Kendal.
Kenilworth.
Kettering.
Keymer, Clayton, and Hurtspierpoint, (Cuckfield, R. D.).
Killybebill, etc... (Portmadoc, R. D.).
Kingswood.
Kirkby-in-Ashfield.
Kirkheaton.
Knottingley.
Launceston.
Leatherhead and Ashtead.
Leeds.
Leek.
Leiston-cum-Sizewell.
Lichfield.
Littleborough.
Longton.
Luddenden Foot.
Ludlow.
Lutterworth.
Lytham.
Maesteg.
Maidstone.
Malvern.
Manchester and Salford.
Marlborough.
Melksham.
Meltham.
Middleton.
Midhurst.
Milton near Sittingbourne.
Monmouth.
Morley.
Morpeth.
Mountain Ash.
Nelson.
Neston and Parkgate.
Newcastle-under-Lyme.
Newmarket.
New Mills.
Newport (Salop).
Newport Pagnall.
Normanton (Shardlow R. D.).
Northallerthon.
Nuneaton and Chilvers Coton.
Nutfield (Reigate R. D.).
Ogmore and Garw.
Oldham.
Ossett.
Ottery St. Mary.
Oxted and Limpsfield.
Pembury.
Pontefract

Pudsey.
Pwllheli.
Quorndon.
Radstock.
Ramsbottom.
Reading.
Reigate.
Rhymmey.
Rickmansworth.
Ripon.
Rishton.
Romford.
Rotherham.
Roundway (Devizes R. D.).
Rugeley.
Saffron Walden.
Sale.
Salisbury.
Sheffield.
Shere (Guildford R. D.).
Shipley.
Sittingbourne.
Skipton.
Sleaford.
Southport.
Sowerby Bridge.
Staines.
Stamford.
Stanford-le-Hope.
Stockport.
Stratford-upon-Avon.
Stroud (R. D.).
Sudbury.
Sunbury.
Sutton-in-Ashfield.
Swinton and Pendlebury.
Tadcaster.
Taunton.
Thurnscoe.
Todmorden.
Tollesbury (Maldon, R. D.).
Totnes.
Trowbridge.
Tunstall.
Twickenham.
Uttoxeter.
Walthamstow.
Wantage.
Wellington (Salop).
Wellington (Somerset).
Wells.
West Bridgford.
West Bromwich.
Wigston Magna.
Willesden
Wilmslow.
Wilton.
Withington.
Witney.
Woking.
Woodford.
Woodhall Spa.
Worcester.
Yardley.
Yeovil.

ÉCOSSE

	Population (1902)		Population (1902)
Armadale	5 921	***Bothwell***	5 015
Auchterarder	2 246	***Bridge of Weir***	2 242
Bannockburn	2 444	***Cleland***	2 729
Barrhead	9 855	***Cowdenbeath***	7 467
Bathgate	6 486	***Dalry***	5 516
Beith	4 965	***Donne***	950
Blantyre	2 521	***Dumfries***	15 092
Bonnybridge	5 009	***Falkland***	809

Kilbirnie and Glengarnock	6 658	***Lockerbie***	2 358
Haddington	3 993	***Lochwinnock***	2 126
Hamilton	32 775	***Maxwelltown***	5 796
Holytown	4 483	***Molfat***	2 153
Hurlford	4 601	***Neilston***	2 668
Kelty	3 986	***Newmains***	2 755
Kilmacoln	2 220	***Newton***	2 139
Larnock	5 084	***Penicnik***	2 805
Linlithgon	4 279	***Rattray***	2 019
Lochmaben	1 051	***Strathaven***	4 076
		Uddingston	7 463

IRLANDE

	Population		Population
Antrim (county asilum)		***Greystones***, rural district	»
Armagh, Urban district	7 588	***Lisburn***, Urban district	11 461
Belfast city	349 180	***Macroom***, Urban district	3 016
Cartleblaynay, Urban district	1 576	***Milford town***	»
Clones, Urban district	2 068	***Monaghan*** (Lunatic asylum)	»
Delgany, rural district	»	***Mountmelick union***	»
Enniskerry, rural district	»	***Rathdown Workhouse***	»
Foxrock, rural district	»		

Quelques-unes de ces installations, parmi les plus récentes, nous ont fourni des renseignements dont il importe que nous fassions notre profit. En voici le bref exposé :

I. — Bilston.

La ville de *Bilston* vient de terminer son installation d'épuration des eaux d'égout. La population était, en 1901, de 24 034 habitants et, d'après le taux d'accroissement annuel, on a calculé qu'en 1931 la ville abriterait 25 870 habitants. C'est d'après ce dernier nombre qu'on a évalué que le volume d'eau d'égout à traiter par jour serait à cette époque de

2350 mètres cubes par temps sec. C'est pour ce volume que l'installation a été construite.

Les égouts reçoivent non seulement les eaux ménagères, mais une grande quantité d'eaux résiduaires d'usines de galvanisation. Le mélange de ces eaux étant normalement acide, la méthode d'épuration biologique par fosses septiques et lits bactériens n'était pas applicable sans modifications. Les fosses septiques ont été remplacées par des bassins de décantation où les eaux, additionnées de chaux, laissent déposer le précipité obtenu. Ces bassins mesurent 35 mètres de long, 7^{m},20 de large et 1^{m},80 de profondeur moyenne. Leur capacité est de 2000 mètres cubes, soit environ le volume d'eaux d'égout émises en 20^{h},1/2 par temps sec pour la population future.

La boue qui se déposera au fond des bassins sera évacuée dans un conduit couvert placé sous le canal distributeur des lits bactériens, d'où elle s'écoulera dans une fosse où des pompes la puiseront pour l'épandre sur les terrains environnants.

L'eau décantée sera distribuée sur 8 lits bactériens à percolation qui ont 9702 mètres carrés de surface, capables de traiter trois fois le volume d'eau d'égout par temps sec, à raison de 0^{mc},722 par mètre carré et par jour

A ces lits sont adjoints 4 lits bactériens d'orage de 3035 mètres carrés de surface, pour traiter tout l'excédent au-dessus de trois fois le volume émis par temps sec. Ces lits d'orage pourront épurer 2715 litres par mètre carré et par jour.

Les lits sont formés de matériaux disposés de la façon suivante : 0^{m},30 de scories dures cassées, passant au crible de 25 millimètres, mais retenues par celui de 6 millimètres; 1^{m},05 de scories dures et calcinées, provenant de l'industrie métallurgique, passant au crible de 6 millimètres, mélangées à du sable sans argile, passant au crible de 1^{mm},5 dans la proportion d'une partie de sable et deux parties de scories. La surface supérieure est formée d'une couche de 15 centimètres de sable sans argile, permettant le passage de l'eau sans colmatage. Les filtres d'orage ont une composition semblable, mais la couche moyenne n'a que 80 centimètres et la

couche superficielle de sable n'a que 10 centimètres d'épaisseur.

Le drainage du fond des lits est obtenu par des tuyaux perforés qui conduisent l'eau épurée dans un terrain de 5 hectares 1767 mètres carrés où elle est irriguée avant son déversement au ruisseau.

La distribution à la surface des lits se fait par des demi-tuyaux ronds, chaque tuyau étant réglé par des vannes dans le canal distributeur et par des arrêts.

Le devis total de l'installation, y compris les égouts pour amener les eaux, machines, etc., s'élève à 1300000 francs.

II. — Birmingham.

Nous avons déjà décrit dans le volume II de ces Recherches (p. 85 et suivantes), la station d'épuration biologique d'eaux d'égout que la ville de *Birmingham* a créée à *Tyburn*. Cette station est actuellement la plus parfaite, sinon la plus importante de tout le Royaume Uni. Elle comportait, au 1er janvier 1907, 11 lits bactériens de divers systèmes, couvrant ensemble une surface totale de 2 hectares 61 ares.

Nous l'avons visitée de nouveau en juillet 1907 et nous croyons utile d'indiquer ci-après les renseignements que nous avons pu recueillir sur son fonctionnement.

Bien qu'ils doivent être doublés dans un très bref délai, les lits bactériens déjà existants ont permis d'épurer en 1906, dans les conditions les plus satisfaisantes, 5547046 mètres cubes d'eaux d'égout, soit en moyenne 15197 mètres cubes par jour.

Presque tous les types de distributeurs mécaniques y ont été étudiés. Ceux qui, dans les expériences préliminaires, avaient fourni les meilleurs résultats, ont été conservés.

L'installation comporte aujourd'hui 4 lits circulaires et 7 lits rectangulaires.

Les lits circulaires, construits en élévation, ont respectivement une superficie de 1070 mètres carrés, 986 mètres carrés, 1003 mètres carrés et 978 mètres carrés. La hauteur du premier est de 1m,80; celle des trois autres de 2m,10.

Le premier lit, en scories dures, est alimenté par un distributeur rotatif intermittent de *Mather and Platt* qu'actionne un moteur électrique.

Le second, en gravier, portait au début un distributeur d'*Adams* (type de *Barker Mill*) ; ayant été mis hors d'usage, on substitua en novembre 1905 à ce dernier, un autre modèle connu sous le nom de *Cressett type*.

Le troisième, en briques bleues concassées, est alimenté par un rotatif *Scott-Moncrieff* mû par un électro-moteur. Le quatrième, en quartzite de Hartshill, porte un distributeur de *Candy-Wittaker-Bryant* dont l'axe tourne dans du mercure et qui dut être déjà remplacé une fois par suite d'avaries à l'axe et aux bras, en décembre 1906.

Tous les lits rectangulaires sont exclusivement pourvus de becs pulvérisateurs ou *fixed sprey jets, de Ham, Baker et C°*. Les uns sont construits, partie en gravier ou en briques bleues concassées, partie en scories ; les autres en quartzite de *Hartshill*. Ce quartzite, très compact, a été définitivement adopté pour tous les nouveaux ouvrages. Il est très supérieur aux autres matériaux en raison de sa durée indéfinie, tandis que les scories sont presque toujours friables.

Étalé sur une sole entièrement couverte de tuiles faîtières renversées, formant drainage, on le dispose en deux couches : l'une inférieure, sur $1^{m},50$, en petits morceaux de 3 centimètres de diamètre environ, l'autre supérieure, sur $0^{m},30$, en gros morceaux de 7 à 8 centimètres. Sur cette dernière reposent horizontalement les tuyaux de distribution pourvus de leurs becs pulvérisateurs.

Les lits sont simplement encadrés par des murs en pierre sèche (granit) et, tout autour de chacun d'eux, un drain collecteur réunit les eaux épurées pour les conduire à des bassins de repos où elles se débarrassent des *films* ou particules solides qu'elles tiennent en suspension. Elles sortent de ces bassins parfaitement limpides et inodores, seulement un peu jaunâtres parce qu'elles renferment une proportion assez élevée d'oxyde de fer.

Les lits rectangulaires nouvellement construits ont tous une superficie de 4000 mètres carrés et une hauteur de $1^{m},80$. Ils épurent très aisément 850 litres par mètre carré et par

jour, en moyenne. On arrête leur fonctionnement de temps en temps pour nettoyer les pulvérisateurs ou pour les réparations. La moyenne des temps d'arrêt ne dépasse pas au total 25 jours par an.

Le coût de chacun d'eux a été 177 000 francs, y compris les travaux de terrassements, de cimentage de la sole, les drains, les murs en pierres sèches, les tuyaux de distribution en fonte et les becs pulvérisateurs.

Cette somme représente un prix de revient de 44 fr. 25 par mètre carré.

Les frais d'entretien annuels ne dépassent pas 1 centime par mètre cube d'eau traitée, soit 10 francs par 1000 mètres cubes.

Ces chiffres, établis d'après une expérience méthodiquement conduite depuis plus de cinq années, peuvent donc servir de base aux évaluations de dépenses qu'aurait à faire une ville pour créer une installation d'épuration biologique de même genre.

III. — Caversham (District urbain).

La population, qui s'accroît rapidement, est estimée à 7 500 habitants. Le volume moyen d'eau d'égout par 24 heures est de 1000 mètres cubes, mais le *Local Government Board* a exigé que l'installation soit suffisante pour traiter le double, soit 2 000 mètres cubes par 24 heures. L'eau doit être relevée et le travail des pompes dure 16 heures. Les égouts sont du système séparatif; les eaux de surface sont conduites directement à la rivière. Le sewage est presque complètement composé d'eau ménagères. Comme industries, le dictrict ne possède que deux blanchisseries.

L'irrigation ayant été reconnue pratiquement impossible, depuis 1896 le sewage était traité par précipitation chimique, passant dans trois bassins de décantation, puis sur lits de polarite, et enfin envoyé en irrigation sur la terre.

Dans la nouvelle installation qui vient d'être mise en service cette année, les eaux arrivent dans un bassin collecteur d'où elles sont pompées pour être élevées dans quatre fosses de dépôt ouvertes. Chacun de ces bassins peut être employé

séparément ou simultanément avec les autres, il a une capacité de 196 mètres cubes. D'après les expériences préliminaires, il a été trouvé que les bassins doivent être nettoyés tous les six mois. La boue est refoulée par pression d'air sur le sol où elle sèche et peut être employée comme amendement.

L'effluent des bassins de décantation se rend dans un canal qui le distribue à trois chambres munies chacune de trois siphons qui s'amorcent automatiquement et déversent alors l'eau par des Sprinklers *Candy-Wittaker*. Lorsque la chambre est vide, le siphon se désamorce; on obtient ainsi des alternatives d'irrigation des lits. Le canal de distribution est muni d'un déversoir qui conduit l'excédent de l'eau à traiter dans le canal d'évacuation des eaux d'orage. Celles-ci sont déversées sur les terres. Chaque lit doit traiter 508 litres d'eau par mètre cube de matériaux. Ces matériaux sont disposés de la façon suivante :

1°	0m,30	de scories de	75mm.
2°	0m,15	—	37 à 25mm.
3°	1m,05	—	18 à 9mm.
4°	0m,30	—	37 à 18mm.

A l'extrémité du canal d'évacuation des lits se trouve une chambre à gravier pour retenir les scories et autres matières qui pourraient être entraînées. De là, l'eau s'écoule à la rivière.

IV. — Chesterfield.

La ville de *Chesterfield* s'est accrue d'une façon sensible depuis un certain nombre d'années. De 11 590 habitants en 1877, la population est passée à 25 000 en 1892 et est aujourd'hui d'environ 29 000 habitants.

Avant 1877, les égouts se rendaient dans quelques petits bassins dans lesquels les eaux laissaient déposer une partie des matières en suspension avant de se jeter à la rivière. A cette époque il fut décidé de pratiquer l'irrigation terrienne des eaux d'égout.

Ces eaux contiennent les eaux ménagères et aussi une quantité considérable d'eaux résiduaires (tanneries, bras-

series, etc.), ce qui amène de grandes variations et dans la quantité et dans la composition. Le volume rejeté par vingt-quatre heures est d'environ 2 900 mètres cubes.

L'administration fit l'achat de 20 hectares 23 ares de terrains, mais ces terrains, composés d'argile compacte, convenaient mieux à la fabrication des briques qu'à la filtration intermittente. Ils furent drainés avec des drains de 15 centimètres, posés en lignes étroites à des profondeurs variant de $0^m,90$ à $1^m,50$ et à une distance de 30 mètres. Leur effluent était collecté par de gros drains qui conduisaient les eaux à la rivière.

A mesure que la population augmentait d'importance, la qualité de l'eau épurée diminuait de plus en plus.

Pour faciliter l'irrigation terrienne, on la fit précéder en 1894 d'une épuration chimique au moyen de *sulfate d'alumine*, *de sulfate ferreux* et *de chaux*. Les boues de précipitation étaient pressées.

Cette nouvelle méthode de traitement n'améliorant pas sensiblement la qualité de l'eau épurée, en 1896 on entreprit des essais d'épuration biologique.

La pulvérisation de l'eau sur les lits bactériens donna de bons résultats, mais il se répandait au loin des odeurs désagréables. Cet inconvénient, joint aux frais élevés exigés par le pompage pour obtenir l'eau sous pression, firent abandonner cette méthode.

Actuellement les eaux sont traitées de la façon suivante :

Les eaux d'égout traversent des fosses à détritus dans lesquelles la rapidité du courant étant diminuée, une grande partie de matières lourdes minérales se dépose. Une grille retient les matières flottantes.

Au sortir de ces fosses, les eaux sont réparties dans 3 fosses septiques de 1 013 mètres cubes de capacité chacune, dont deux sont en usage pendant que la 3e est en nettoyage, de sorte que, pour un volume moyen journalier de 2 270 mètres cubes par temps sec, le séjour des eaux en fosse septique est d'un peu moins de 24 heures. Les matières organiques solides sont en partie dissoutes dans ces fosses, mais une certaine quantité se dépose à l'état de boues qui sont extraites, pressées et vendues aux fermiers.

L'effluent des fosses septiques se rend dans un bassin d'où il est pompé pour être distribué sur 12 lits bactériens aérobies munis de sprinklers rotatifs qui ont été construits sur les indications de M. *Tomlinsen*. Ces lits sont de deux grandeurs : 6 ont 1m,40 et 7 ont 1m,80. L'ensemble peut traiter, au taux de 500 litres par mètre carré de lit, 9350 mètres cubes par jour, soit quatre fois le volume de l'eau d'égout émise en 24 heures, par temps sec. Les matériaux employés sont les scories, mais comme elles n'étaient pas en quantité suffisante, on a construit quelques lits avec des débris de terre cuite de 3 à 22 millimètres.

La force motrice nécessaire pour le pompage des eaux est produite par la vapeur obtenue par combustion des ordures dans un four *Horsfall*.

V. — Oldbury.

Le sewage de cette ville est particulièrement difficile à épurer par suite de la présence d'un certain nombre de composés des eaux résiduaires d'usines à gaz. Ces eaux entrent dans le volume du sewage, par temps sec, dans la proportion de 9 pour 100. Elles contiennent :

Sulfocyanates	1gr,338
Hyposulfites	0gr,468
Phénols	1gr,401
Bases du goudron	0gr,040
Azote albuminoïde	0gr,142

Les premiers essais d'épuration par les procédés biologiques, septic tank et deux contacts sur lits bactériens, ne donnèrent de résultats satisfaisants qu'en faisant dégager préalablement les gaz dissous. Plus tard de bons résultats furent obtenus par séjour en septic tank et trois contacts successifs sur lits bactériens. L'application de cette méthode à des volumes plus importants donne actuellement un effluent suffisamment épuré.

VI. — Macclesfield.

La population de *Macclesfield* est d'environ 36 000 habitants. Le volume de l'eau d'égout par temps sec est approximativement de 4 540 mètres cubes par jour.

A l'entrée de l'installation d'épuration, les eaux débouchent dans une fosse à sable munie de deux déversoirs de trop plein. Le premier, le plus bas, recueille les eaux lorsque le débit est de trois à six fois le débit normal, et les conduit en irrigation sur les terres. Le deuxième, plus élevé, ne fonctionne que lorsque le débit est de six fois le débit normal et évacue les eaux directement à la rivière.

Les fosses septiques, qui suivent la fosse à sable, proviennent de la transformation des bassins de décantation employés auparavant pour l'épuration chimique. Leur capacité totale est égale au volume des eaux émises par temps sec. Les boues sont expulsées à l'extrémité la plus basse par des tuyaux de $0^m,30$ qui les conduisent dans une fosse où elles se décantent. L'entrée et la sortie des eaux dans les fosses sont immergées et commandées par des vannes.

L'effluent des fosses septiques se rend dans un bassin de jauge d'où il est déversé à doses égales sur les lits percolateurs.

Les 4 lits percolateurs ont 36 mètres de diamètre et 2 mètres de profondeur moyenne, donnant pour chacun une surface de 1 012 mètres carrés. Les lits sont formés de pierres cassées et criblées des carrières de *Bollington*. Le drainage du fond est formé de tuiles espacées de 1 mètre. La distribution des eaux à la surface des lits est obtenue par des sprinklers à quatre bras, de *Mather and Platt*, de *Manchester*, munis de moteurs électriques de 1 demi-cheval, placés au centre de chaque distributeur, ce qui permet la rotation, même par les vents les plus violents. En temps ordinaire les

sprinklers tournent facilement par suite de la différence de niveau de $0^m,76$ qui existe entre le bassin de jauge et la surface des lits. Le bassin de jauge est muni d'une vanne à balancier qui s'ouvre lorsque le bassin est plein et décharge un certain volume d'eau sur les lits.

L'effluent des lits percolateurs se rend dans un bassin collecteur qui permet de l'envoyer, soit en irrigation, soit sur un lit secondaire. Ce second lit mesure $124^m,35$ de long, $22^m,60$ de large et $0^m,53$ de profondeur. Sa surface est de 4047 mètres carrés. Il est composé de scories et, à sa partie supérieure, d'une couche de débris de terre cuite finement criblés. Les matériaux ont été posés directement sur le sol excavé. L'effluent des lits percolateurs est distribué sur la surface du second lit au moyen de rigoles formées de demi-tuyaux en poterie. L'écoulement est réglé par des vannes à main, de façon à ce que le lit travaille en quatre sections. L'effluent final peut être, soit envoyé en irrigation sur les parties basses des terres avoisinantes, soit rejeté à la rivière.

Le coût total a été de 350 000 francs.

La mise en service a été faite en mars 1907.

VII. — Withington (près *Manchester*).

L'installation d'épuration est située à *Chorlton-cum-Hardy*, à l'extrémité occidentale du district de *Withington*, dans un angle fermé à l'ouest et au sud par la rivière *Mersey*.

On commença par y faire de l'épuration agricole. La ferme est aujourd'hui remplacée par une station d'épuration biologique dont le plan est figuré ci-après (voir *fig.* 46).

Les conditions locales obligèrent à relever une partie du sewage au moyen de pompes. Celui provenant de la partie basse du district et de *Levenshulme* arrive seul par gravitation.

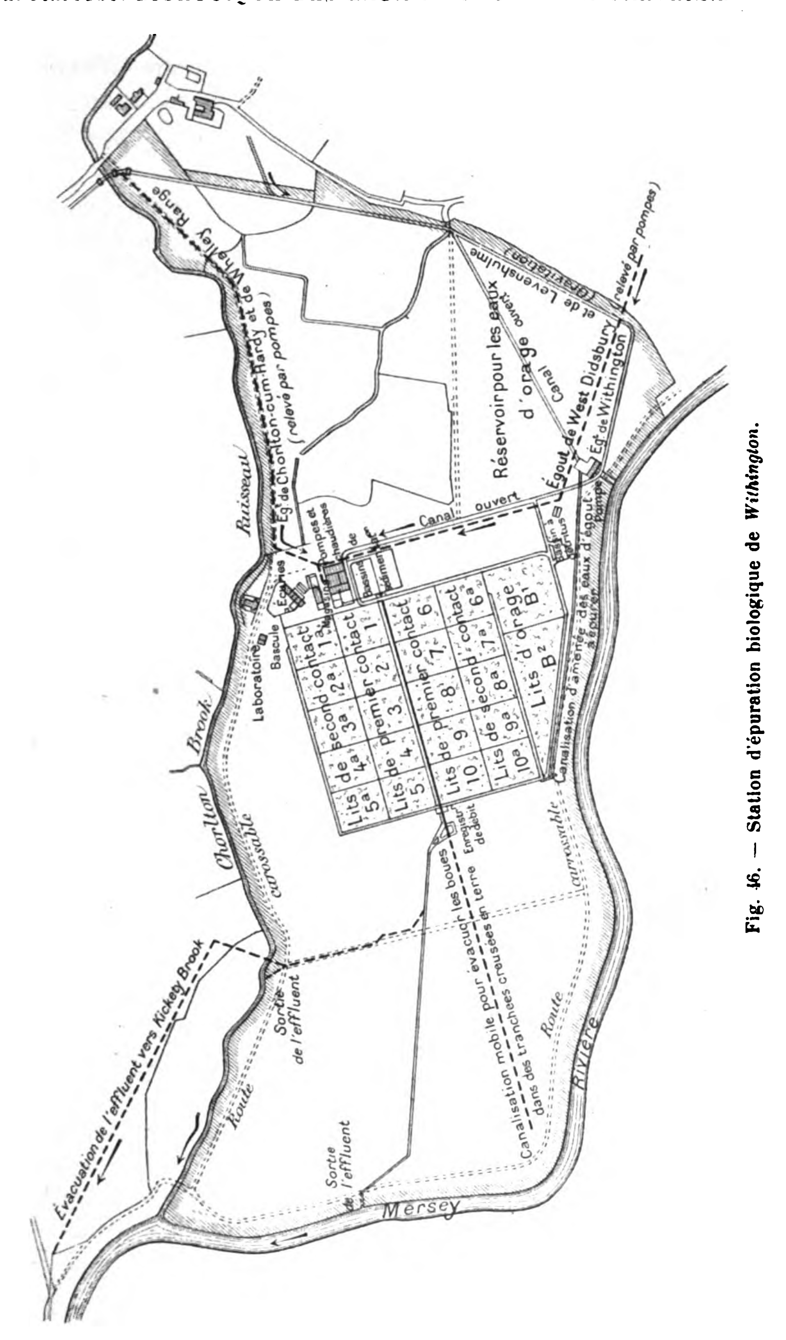


Fig. 46. — Station d'épuration biologique de *Withington*.

En période de hautes eaux, l'effluent épuré, au lieu d'être déversé directement dans le *Chorlton Brook*, petit affluent au nord de la *Mersey*, passe en siphon sous ce ruisseau et est évacué dans le *Ousel Brook*, près du cimetière de *Stretford*, à un demi-mille de la station.

Un réservoir d'orage d'une surface de 9 acres (3 hectares, 6433 mètres carrés) et un poste de pompes ont été construits pour desservir *Didsbury* et *Chorlton-cum-Hardy*. Ce réservoir était nécessaire à cause du relèvement du niveau de la *Mersey* en hautes eaux.

La population des districts de *Withington* et de *Levenshulme* est actuellement de 59 000 habitants (1907). Elle produit en temps sec environ 3 000 000 de gallons (13 620 mètres cubes) par 24 heures, ou 51 gallons (231^{lit},54) par tête et par jour.

Le flot moyen quotidien (y compris les eaux d'orage) du 28 mars 1906 au 27 mars 1907 a été de 4 199 990 gallons (19 068 mètres cubes) ou 71,2 gallons (323^{lit},25) par tête et par jour.

On estime que près de 50 pour 100 de ce volume sont fournis par les eaux du sous-sol, lesquelles sont collectées par des canalisations d'égout anciennes et défectueuses.

La moitié du volume total est relevée par des pompes centrifuges dans un canal voisin de la station.

Le procédé d'épuration adopté est la sédimentation, avec le système des lits bactériens à double contact.

La station comprend : 4 pompes centrifuges, des dynamos, 2 moteurs électriques pour actionner les grilles, 2 fosses à sables, 2 bassins de sédimentation, 1 fosse à boue, 2 presses à boues, 10 lits bactériens de premier contact occupant chacun une surface de 2 900 yards carrés (2 425 mètres carrés); 10 lits de second contact de même surface; enfin 2 lits d'orage ayant respectivement l'un 6 440 yards (5 385 mètres carrés) et l'autre 6 053 yards carrés de superficie (5051 mètres carrés).

La force motrice est fournie par deux chaudières Lancashire alimentées par les foyers d'un four à incinérer les ordures.

Enfin on dispose, pour les temps d'orage, d'une pompe centrifuge supplémentaire actionnée par un moteur à gaz.

La surface totale de terrain appartenant à la station est de

81,5 acres (32 hectares 9830 mètres carrés) divisés ainsi qu'il suit :

	Acres	Hectares m²
Grilles, fosses à sables et bassins de sédimentation, constructions et fosse à boues, dégagements et divers	2	0,8094
Réservoir pour les eaux d'orage	9	3,6435
Lits bactériens	12	4,8564
Lits bactériens d'orage	2,5	1,0111
Ensemble	25,5	10,3202

Le reste du terrain, soit 56 acres (22 hectares 6629), est occupé par des cultures.

Les dépenses effectuées pour le traitement du sewage se sont élevées pour 12 mois à 3859 livres (96475 francs) non compris l'intérêt du capital de premier établissement.

Le coût total par million de gallons est de 2 livres, 10 sh. 5d. 8, soit 8fr,36 par 1000 mètres cubes, qui se répartissent ainsi qu'il suit :

	L. sh. d.
Traitement des boues (manipulations, presses, etc.)	0, 3,7,7
Filtration et pompes	0,11,8,9
Incinération des détritus	0,11,6,7
Divers et dépenses accidentelles	1, 3,6,5

10 acres de terres de cultures (4 hectares,470) affermées, produisent une rente annuelle de 29 livres 10 sh. par an (487fr,50), qui viennent en déduction des frais sus-mentionnées.

En un an, on a séparé au moyen des grilles et incinéré dans le « destructor » 364 tonnes de détritus, pour la combustion desquels on a consommé pour 33 livres 5 sh. 7 d. de coke (831fr,95).

On en a obtenu 2714 tonnes de scories qui ont été vendues pour charger les routes à un prix total de 113 livres, 3 sh. 6 d. (14129fr,35).

Les objets de verre, de fer ou d'étain provenant du triage des détritus ont été également vendus et ont produit 11 livres, 10 sh. 7 d. (1388fr,20).

Variations du volume de sewage traité. — Le plus grand volume enregistré par 24 heures a été de 22881 460 gallons, le 19 octobre 1906 (103882 mètres cubes).



Le minimum du volume moyen par tête a été de 39,6 gallons (180 litres) en août 1906 et le maximum de 110,2 gallons en décembre (500 litres).

Périodes de 4 semaines finissant les :	Débit des égouts — Total gallons.	Débit des égouts — Débit moyen par jour et par tête.	Pluie en pouces.
25 avril 1906	93 057 603	56,3	0,93
23 mai	96 507 568	58,4	2,79
20 juin	91 227 841	55,2	1,12
18 juillet	86 524 706	52,4	2,29
15 août	86 654 841	52,5	2,07
12 septembre	65 375 191	39,6	1,55
10 octobre	86 911 416	52,6	2,36
7 novembre	157 207 016	95,1	3,93
5 décembre	152 648 096	92,4	2,98
2 janvier 1907	182 106 338	110,2	3,13
30 janvier	142 372 191	86,2	0,83
27 février	136 089 013	82,4	1,46
27 mars	152 115 043	92,1	2,44
Total pour 52 semaines.	1 528 796 863	moyenne 71,2	27,88
Soit. . .	6 940 739 m³	323 lit.,25	708 mm,13

Le nombre de jours qui ont fourni une quantité d'eau de pluie mesurable en 52 semaines a été de 219.

Traitement des boues. — Les boues sont évacuées dans des tranchées creusées parallèlement les unes aux autres, et dès qu'elles sont suffisamment denses, on les recouvre de terre.

La table ci-après indique les quantités de boues extraites des différents bassins pendant l'année :

Bassins a détritus grilles et fosses a sable — Tonnes	Bassins a détritus grilles et fosses a sable — °/. d'eau	Bassins de sédimentation — Tonnes	Bassins de sédimentation — °/. d'eau	Total — Tonnes	Grilles détritus — Tonnes évacuées par wagonnets
5 112	82,6	13 560	84,4	18 672	325,5

On a extrait, au total, 18 672 tonnes de boues, soit 12,1 tonnes par million de gallons (2 732 kilogrammes par 1 000 mètres cubes).

D'après sept déterminations effectuées à différents intervalles, les boues des bassins de sédimentation contenaient 19,8 pour 100 (calculés sur la matière sèche) de graisses extractibles par le tétrachlorure de carbone.

Traitement de l'effluent des bassins de sédimentation sur les lits bactériens. — Les résultats d'analyses fournis par l'effluent des lits peuvent être résumés comme suit :

Moyennes annuelles des résultats d'analyse (en milligr. par litre).

	EAU BRUTE	Effluent des bassins de sédimentation	Lits de 1er contact	Lits de 2e contact	LIT D'ORAGE	EFFLUENT MOYEN final
Oxygène absorbé en 4 heures (du permanganate)	30,1	23,1	7,8	4,7	9,1	5,5
Ammoniaque libre ou saline	19,7	21,6	10,1	5,3	12,6	7,7
Azote albuminoïde	2,8	2,3	0,8	0,5	0,9	0,55
Nitrites	»	»	0,5	0,2	0,5	0,25
Nitrates	»	»	2,0	4,6	2,5	4,1
Matières en suspension totale	111	42	»	»	»	»
— — minérales	51	21	»	»	»	»

Quantités moyennes d'eaux traitées par mq. et par jour :

	GALLONS
Lits de 1er et de 2e contact	571 613
Lits d'orage	509 103

Ou par mètre carré et par jour :

Lits de 1er et de 2e contact	641 litres
Lits d'orage	546 litres

CHAPITRE XXVII

L'ÉPURATION BIOLOGIQUE DES EAUX D'ÉGOUT AUX ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

Nous avons exposé dans le volume II de ces Recherches les études expérimentales sur l'épuration biologique des eaux d'égout qui ont été effectuées en 1904 et 1905 par M. *George A. Johnson* à *Columbus* (Ohio).

D'autres villes américaines ont entrepris depuis lors des essais anologues. Nous avons pu connaître leurs résultats par les notes publiées par *Engineering Record* et par les rapports officiels du *Massachussets Institute of Technology, de Boston*, que MM. *C. E. A. Winslow* et *Earle B. Phelphs* ont bien voulu nous adresser. Nous les résumons ci-après.

I. — Station d'essai d'épuration d'eau d'égout à Baltimore (*fig.* 47).

Il est toujours très important d'étudier les caractéristiques de l'eau d'égout d'une grande ville avant d'établir les plans de l'installation d'épuration, et la station d'essai de *Baltimore* est intéressante par ses dispositions. Elle comprend un septic tank et deux lits à percolation divisés chacun en 6 compartiments séparés, ayant chacun un bassin de sédimentation. Un laboratoire et un magasin y sont adjoints.

Le septic tank, construit en béton, a pour dimensions $9^m,15 \times 3^m,03 \times 2^m,44$. Le fond converge vers 3 sorties fermées par des vannes pour l'épuration des boues dans un drain. Ce septic tank est précédé d'une chambre à grilles de $1^m,50$ de long, $0^m,90$ de large et de $1^m,40$ de profondeur, qui possède aussi un orifice d'évacuation des boues.

Au sortir du septic tank, les eaux se rendent dans une chambre de contrôle de laquelle partent au fond le tuyau d'amenée aux lits et en haut un tuyau de trop plein.

Le tuyau qui conduit l'effluent du septic tank aux lits se divise en trois, de façon à pouvoir diriger le courant soit aux lits, soit à la rivière, sans traitement.

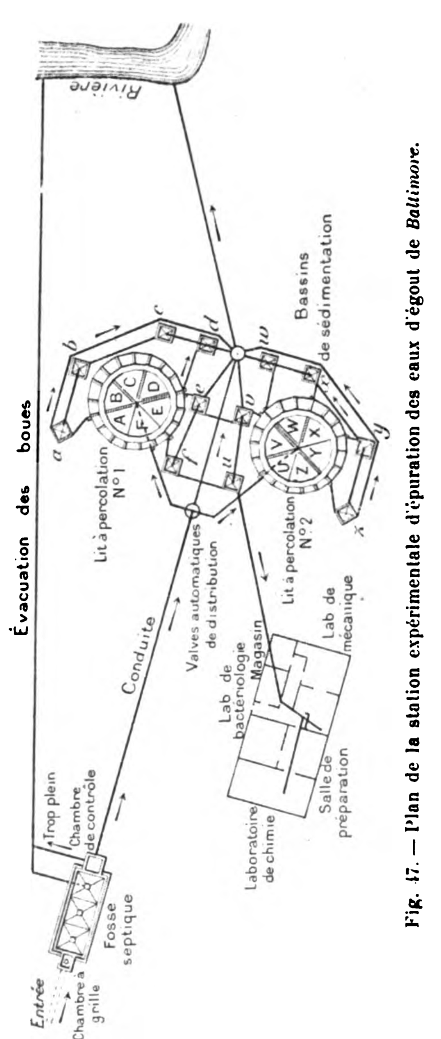


Fig. 47. — Plan de la station expérimentale d'épuration des eaux d'égout de *Baltimore*.

Les deux lits sont semblables, leur diamètre est de 8^{m},275. Le fond, couvert de drains spéciaux, est divisé en trois secteurs permettant d'avoir des lits de différentes hauteurs qui sont 1^{m},83, 2^{m},74 et de 3^{m},65; il y a six compartiments : deux pour chaque hauteur, séparés par des cloisons.

Les matériaux de remplissage sont formés de pierres dures cassées, de 4 sortes : n° 1, de 2^{cm},7 à 5 centimètres; n° 2, de 6 à 7^{cm},5; n° 3 de 6^{cm},75 à 10 centimètres; n° 4 de 10 à 14 centimètres. Les lits sont garnis de ces pierres en différentes épaisseurs et dispositions pour déterminer celle qui est la plus convenable pour le traitement des eaux de *Baltimore*.

L'effluent du septic tank est distribué sur les lits par un bras tournant, pivotant sur le centre; l'extrémité du bras est supportée par une roue courant sur un rail circulaire. Ce bras est formé d'un tube percé de 3 orifices situés à 1^{m},60, 2^{m},80

et 3m,70 du centre; ces orifices sont munis d'un arrosoir horizontal. Le mouvement de rotation est obtenu par l'action d'un moteur électrique placé dans le premier lit au centre même du lit; dans le second lit il n'existe pas de cheminée centrale et le moteur se trouve sur le pourtour, en dehors de la surface de rotation du bras.

L'effluent de chaque compartiment s'écoule séparément dans un petit bassin mesurant 1mq,36 de surface et 1m,10 à 1m,35 de profondeur, d'où il s'échappe par déversoir : les bassins peuvent ainsi être complètement vidés par le fond. Ces bassins ont surtout pour objet de rechercher quelle est la meilleure forme à adopter pour obtenir le dépôt des matières en suspension dans l'effluent.

Le laboratoire comprend trois parties : l'une pour l'étude physique des matériaux destinés à garnir les lits; la deuxième pour les analyses chimiques; la troisième pour les recherches bactériologiques. Il occupe 178 mètres carrés de surface.

La ville de *Baltimore* a établi un projet d'épuration pour le traitement de 340 000 mètres cubes par jour. Les prix annuels de fonctionnement sont évalués à 557 500 francs sur lesquels 275 000 francs, soit 48 pour 100 sont attribués à la filtration de l'effluent par le sable.

II. — Station expérimentale de Boston.

Cette station a été établie par le *Massachussets Institute of Technology* pour étudier le meilleur mode de traitement de purification des eaux d'égout de *Boston*.

Devant la station passe un collecteur recevant les eaux du système unitaire d'une population de 350 000 habitants. Les eaux nécessaires aux expériences sont prélevées dans l'égout par un tuyau d'aspiration en fer, terminé par un tuyau de caoutchouc qui s'abaisse sur le radier lorsque le débit est faible, et au contraire se relève à mi-hauteur des eaux lorsque le débit est fort, de façon à avoir la composition moyenne du sewage. Le tuyau de caoutchouc est muni d'une crépine spéciale formée d'un tuyau de fer portant des fentes de 12mm,5; l'ouverture est obturée par une plaque portant des échan-

crures radiales correspondant aux fentes du tuyau. Devant la pompe se trouve une chambre à sable où se dépose la plus grande partie des sables et scories.

La station comprend le bâtiment des appareils de traitement des eaux (*Filter House*) et le laboratoire, avec quelques hangars (*fig.* 48 et 49).

La *Filter House* est une construction à un étage. Au rez-de-chaussée se trouvent les filtres et la pompe; à l'étage, des bassins de distribution, des septic tanks et des filtres à sable.

La pompe élève l'eau dans un bassin de distribution A de $2^{mq},16$ de surface et $0^{m},60$ de profondeur ($1^{mq},296$). L'eau entre dans ce bassin par un côté, traverse un barrage et se rend dans deux autres bassins B et C de distribution et aux filtres. Ces bassins servaient au début pour donner un débit constant aux septic tanks placés au-dessous, et au même étage, et aux filtres à percolation du rez-de-chaussée. Ces deux bassins ont une capacité totale de $3^{mc},078$, volume nécessaire pour la distribution continuelle pendant 2 heures à ces tanks et filtres.

Les filtres 1 et 2 sont des filtres à sable. Ils ont $2^{mq},16$ de surface et $0^{m},90$ de profondeur. Au-dessus, du sable fin de $0^{mm},17$ sur $0^{m},60$, puis au-dessous, des galets de 10 centimètres et au fond du fin gravier. L'ouverture d'évacuation n'est jamais fermée.

Les 6 septic tanks disposés par paires (n°s 5 à 10) ont la même capacité que les filtres à sable. Les n°s 7 et 9 sont découverts, les autres sont couverts, aussi hermétiquement que possible, d'un plancher de bois. Le tank 6 est rempli de pierres cassées de $37^{mm},5$ de diamètre. L'effluent de ces tanks se rend dans des canalisations qui permettent de les distribuer sur les filtres du rez-de-chaussée. Celui du tank 10 se rend dans le petit tank D qui sert à immerger le lit de contact, lequel se trouve au-dessous.

Les filtres 11 à 16 ont $0^{mq},36$ de surface et $1^{m},80$ de profondeur, accolés 2 par 2. Les filtres 17 à 20 ont la même surface, mais $1^{m},20$ de profondeur. Les filtres 19 et 20 sont situés plus haut de façon que leur effluent puisse être distribué sur les filtres 17 et 18 respectivement.

Le filtre 15 est à percolation et reçoit l'effluent du tank 5.

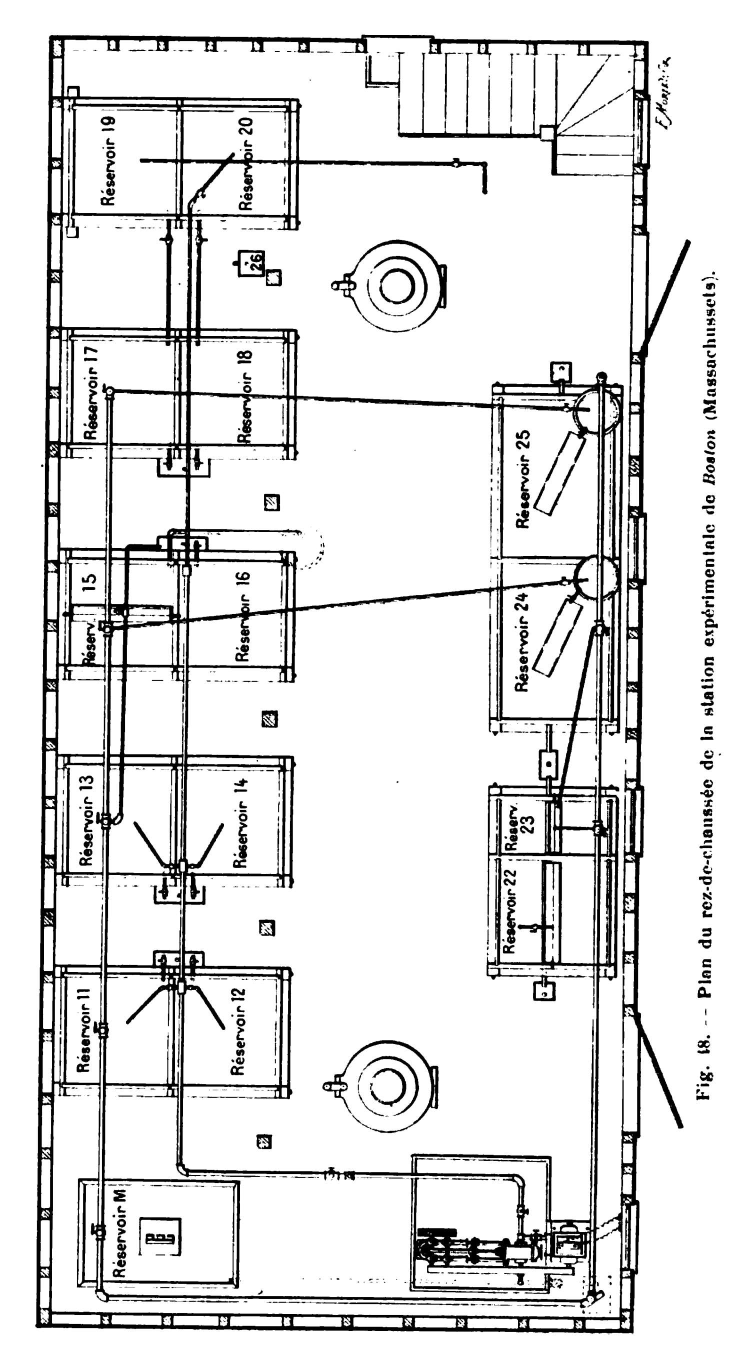


Fig. 18. — Plan du rez-de-chaussée de la station expérimentale de *Boston* (Massachussets).

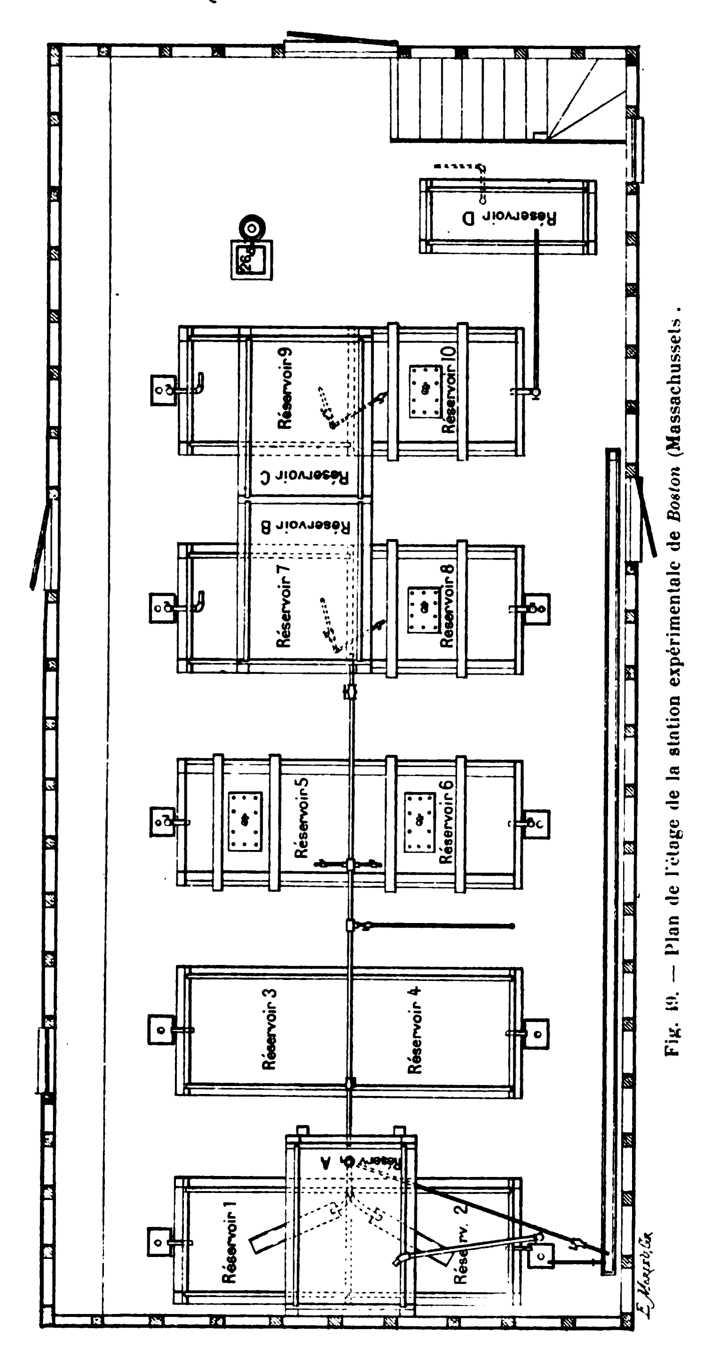


Fig. 19. — Plan de l'étage de la station expérimentale de *Boston* (Massachussets.

Les filtres 11 à 14 et 16 à 20 sont des lits de contact. Le n° 11 est rempli de coke de 50 à 75 millimètres; les n°s 12, 15, 19 et 20 remplis de pierres cassées de 25 à 27^{mm},5 et les n°s 13, 16, 17 et 18 de pierres de 6 à 12 millimètres.

Les numéros 17 et 19 constituent comme 18 et 20 des lits pour le double contact. Le lit 14 est le seul qui ait été changé pendant les expériences. Pendant la première année il était formé de pierres cassées de 12 à 25 millimètres. En juin 1904 il fut rempli de briques de 37^{mm},3 $\times$ 100^{mm} $\times$ 300^{mm}, placées de façon à laisser 1/3 du volume libre. Les lits 22 mesurant 1^{m},20 $\times$ 1^{m},20 $\times$ 1^{m},80 et 23 1^{m},20 sur 0^{m},60 $\times$ 1^{m},80, remplis de pierres cassées de 25 à 37^{mm},5 sont employés pour la percolation. Les filtres à sable 24 et 25 sont la contre-partie exacte du filtre n° 1. L'effluent des lits 15 et 22 s'écoule dans un tonneau pour le retenir pendant 2 heures, ce qui permet d'étudier l'effet de cette période de sédimentation. Le tank M sert pour mesurer.

On a pu ainsi étudier la quantité d'eau qui pouvait être épurée suivant la grosseur des matériaux des lits, la profondeur des lits, le simple ou double contact, le sewage frais ou à différents stades de putréfaction, l'action des tanks ouverts ou couverts.

Avec les filtres à sable, quatre combinaisons ont été étudiées, chacune différant des autres par une seule variable; avec les lits de contact, six combinaisons; avec les lits à percolation, trois ; et avec les septic tanks, ce qui, avec une première comparaison avec les principaux types, fait un total de 17 combinaisons pour les variables indiquées.

Le sewage était déversé sur les filtres à sable par des rigoles en bois avec ouvertures latérales; sur les lits de contact, un simple tube de 12^{m},5 déversait l'eau horizontalement à la surface. La quantité de sewage traité était mesurée par le nombre de remplissages par jour; la capacité du lit était déterminée chaque semaine. La distribution sur les lits à percolation était obtenue par une rigole à renversement en forme de V, divisée en deux parties longitudinalement. Le nombre de déversements était enregistré par un appareil et donnait la quantité d'eau traitée par jour.

Expériences d'épuration. — Les expériences furent conduites

de 1903 à 1905. Elles montrent que, pour le sewage de Boston :

1° Les transformations dans les septic tanks ouverts sont les mêmes, pratiquement, que dans les septic tanks couverts;

2° On obtient la dissolution de près des 2/3 des matières azotées qui se déposent pendant le séjour en fosse septique, que ce séjour varie de 12 à 24 heures; cependant il y a tendance à accumulation de boues lorsque la période augmente;

3° Les filtres à sable donnent un effluent mieux épuré avec le sewage brut qu'avec l'effluent d'une fosse septique; mais, dans le premier cas, le colmatage est beaucoup plus rapide;

4° La hauteur d'un filtre à sable ne peut pas être inférieure à 0^m,60;

5° Pour les lits de contact, le coke donne un effluent légèrement meilleur que la pierre;

6° Avec des fins matériaux, on obtient un bon effluent par un seul contact, mais il est nécessaire de nettoyer souvent les couches superficielles du lit;

7° Pour le traitement de l'eau brute, la hauteur du lit de contact ne doit pas être grande : ainsi le lit de 1^m,20 donna un effluent meilleur que celui de 1^m,80; la nitrification est plus active dans les lits peu profonds;

8° Avec l'eau brute, la perte de capacité est plus rapide (25 % en deux ans) que lorsqu'on y déverse l'effluent du septic tank (8 % en deux ans);

9° En général, ce traitement par un simple contact donne une diminution de 1/3 ou de la moitié des matières organiques du sewage, avec production d'un effluent encore putrescible, mais qui peut être rejeté sans créer de nuisance.

Le traitement par un deuxième contact enlève encore 1/3 à 1/2 des matières organiques restant et donne un effluent satisfaisant dans le cas de l'eau brute.

Le séjour de 30 heures en fosse septique donne une eau difficile à purifier, même par double contact. Cependant il faut remarquer que seul, un effluent ayant séjourné trop longtemps dans la fosse septique a été expérimenté, et sans aération préalable.

III. — Newton (*New Jersey*).

La ville de *Newton*, malgré une population relativement peu élevée (5000 habitants), a dû adopter deux systèmes séparatifs d'égouts, à cause de sa situation au sommet d'une colline.

Le sewage est presque exclusivement domestique : il ne comprend que les eaux de trempage des cuirs d'une fabrique de chaussures, les eaux résiduaires peu abondantes d'une fabrique de soieries (ses eaux de teinture sont évacuées dans un marais) et d'une crèmerie.

L'installation d'épuration de la partie de *Clinton street* a été établie pour traiter 1350 mètres cubes par jour. Elle comprend deux septic tanks de 24 mètres × 8^m,40 et 24 mètres × 5^m,20, respectivement, de surface, avec 2^m,25 de profondeur. A côté du plus petit septic tank se trouve un bassin régulateur de 24 mètres × 9 mètres de surface et de 1^m,20 de profondeur. Les septic tanks et le bassin régulateur sont couverts d'une voute de béton.

Le sewage avant d'être admis dans les septic tanks passe dans une chambre à sable qui se trouve à l'intersection des deux tanks, et rencontre une chicane de fond à l'entrée et une de surface à la sortie.

A l'extrémité du bassin régulateur la plus éloignée de l'entrée de l'effluent des septic tanks se trouve un petit compartiment contenant les cinq conduits d'évacuation aux cinq lits filtrants. Le contenu du bassin régulateur est périodiquement admis dans les lits au moyen d'un siphon muni d'un flotteur et d'une valve à air. Chacun des cinq orifices d'évacuation est muni d'un clapet qui n'est ouvert qu'alternativement avec les autres, au moyen d'un mécanisme automatique.

Les cinq lits ont une superficie de 7406 mètres carrés ; quatre sont rectangulaires, un est trapézoïde. Le drainage des filtres est couvert par une couche de 0^m,30 de gravier de 0^m,05, sur lequel se trouve une épaisseur de 0^m,90 de sable du pays. Ces lits reçoivent par jour 179 litres par mètre carré (160000 gallons par acre). A la surface, les eaux sont distribuées par des conduits rectangulaires variant en largeur de 0^m,60 à 0^m,20 ;

elles doivent s'en échapper par les côtés et non passer au-dessus des bords.

L'installation est complétée par un bassin à boues.

La deuxième canalisation d'égouts (*Spasta Street*) est moins importante, elle ne reçoit que près de 600 mètres cubes par jour qui seront traités sur 3240 mètres carrés avec un seul septic tank et un bassin régulateur.

IV. — JOHNSON CITY (*Tennessy*).

Épuration des eaux résiduaires d'une caserne. — Bien que la population ne fût, au moment de l'établissement des plans, que de 1200 hommes, l'installation a été prévue pour traiter les eaux résiduaires d'une agglomération de 3000 habitants. Elle est, par suite, capable de subir les plus grandes variations de volume des eaux, qui sont au maximum de 1362 mètres cubes. L'effluent du filtre à sable s'écoule dans un torrent et, au moment des grandes crues, les boues y sont déversées.

L'installation comprend un septic tank couvert de 25^{m},5 × 8^{m},40, divisé en trois compartiments. Le premier compartiment sert de chambre à sable avec un déversoir de trop plein qui permet d'évacuer les eaux sans épuration. Les deux autres compartiments servent de fosses septiques et peuvent être employés indépendamment l'un de l'autre.

De là, les eaux sont dirigées sur quatre lits de contact qui ont une superficie de 505 mètres carrés. Au centre des quatre lits, un appareil distributeur permet de diriger les eaux d'abord dans un lit, puis dans le suivant. Les lits contiennent une hauteur de 1^{m},80 de scories. La distribution se fait au moyen de tuyaux noyés dans les scories, mais cette disposition a été modifiée par suite du colmatage. Ces tuyaux sont à découvert. La vidange est automatique par le fond, qui est drainé.

L'épuration est terminée par passage de l'effluent sur des filtres à sable. La surface des quatre filtres est de 1161 mètres carrés. Avec un maximum de 1362 mètres cubes par jour, la quantité traitée par mètre carré et par jour sera de 1172 litres. Cette quantité considérable a été jugée permise par ce fait que

les eaux ont déjà été traitées par le septic tank et les lits de contact.

V. — Reading (*Pennsylvanie*).

Le volume du sewage par temps sec est de 9080 mètres cubes, mais peut s'élever par temps de pluies à 12 485 mètres cubes. Bien que provenant du système séparatif, il est suffisamment dilué et composé principalement d'eaux ménagères. Les eaux résiduaires industrielles ne sont admises dans les égouts que si elles ont été traitées convenablement, pour ne pas apporter de changements dans la composition des eaux. La composition par litre est en moyenne :

Oxydabilité en O	0gr,040
Chlore	0gr,100
Matières en suspension totales	0gr,115
— fixes	0gr,035
— volatiles	0gr,078
Nitrates	0gr,0005

Environ 40 pour 100 de la matière organique se trouve en suspension. On y trouve en moyenne 2 200 000 microbes par centimètres cube.

Le sewage se réunit au point le plus bas de la ville et, de là, doit être pompé pour être envoyé à l'installation d'épuration.

Les expériences préliminaires montrèrent que, pour le sewage de *Reading*, il faut : 1° passer le sewage au crible pour le débarrasser des matières fibreuses; 2° retenir autant que possible les matières en suspension par filtration sur coke ou sédimentation dans un septic tank, ce dernier moyen étant le moins coûteux; 3° l'aération du sewage obtenu par un double passage sur lits est très importante, mais pour des raisons économiques, il faut employer des lits à percolation dont la hauteur est de 1m,50 et la grosseur des matériaux de 12mm,5; 4° faire séjourner l'effluent des lits dans des bassins de sédimentation qui le retiennent une ou deux heures pour le débarrasser des matières en suspension.

La partie la plus originale de la méthode d'épuration com-

prend l'emploi du *segregator*, ou crible, inventé par *M. Weand* (*fig.* 50). Il consiste en un cylindre de 1m,80 de diamètre et de 4m,80 de long; qui tourne sur un axe horizontal. Le crible proprement dit est formé d'une toile de cuivre à seize mailles au centimètre carré, qui est fixée sur une seconde toile métallique plus grosse, en fer galvanisé, à mailles de 17mm,5, soudée à intervalles de 15 centimètres dans chaque direction. Le tambour tournant consiste en trois solides cercles de fer, dont un à chaque extrémité et un au centre, maintenus en place par six tubes très résistants de 37mm,5 au travers desquels une tige est vissée. Ces cercles portent des bandes de fer, courant le long du baril, qui divisent la circonférence en huit segments et portent des tiges pour tenir le crible fin en place. Ce dernier est fait en petits segments faciles à démonter et à repairer. Le gros crible, au contraire, est en trois pièces attachées d'une façon permanente sur le tambour tournant. Celui-ci tourne sur les trois cercles forts qui s'appuient sur six roues de fer de 300 millimètres dont deux sont attachées à chacun des trois cercles fixes constituant la charpente du *segregator* et concentrique avec les cercles de la partie tournante. Les roues sur chaque cercle sont placées à courte distance du point le plus bas du crible et une troisième roue de 300 millimètres, au sommet de chaque anneau, sert principalement pour le guidage. Les cercles forts de la charpente fixe sont maintenus en position par trois tubes de 37mm,5 très résistants qui l'assujettissent comme pour la charpente tournante.

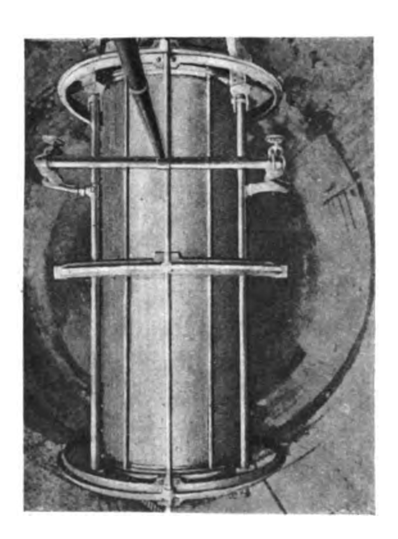


Fig. 50. — Segregateur ou Tambour-filtre tournant de *Weand*, à *Reading*.

Sur les cercles extérieurs de chaque côté du sommet du crible se trouvent des supports pour deux tuyaux de 75 millimètres, de chacun desquels partent quinze jets nettoyeurs pour diriger

l'eau, la vapeur ou l'air sur l'extérieur de la grille. Les jets ont 250 millimètres de diamètre et les deux tuyaux principaux sont mobiles de 50 millimètres latéralement, de telle sorte que la mobilité de chaque jet lui permet de rejoindre ses deux voisins, assurant ainsi un nettoyage parfait de chaque partie du crible. Les tuyaux de tête sont reliés au tuyau fixe par un joint à pression flexible. Les jets de nettoyage ont 75 millimètres de diamètre et peuvent travailler sous une pression supérieure à 14 kilogrammes par centimètre carré, alors qu'il est certain qu'une pression de $1^{kgr},5$ est suffisante pour enlever la boue de l'intérieur de la grille. Des vannes sont prévues pour alimenter les jets, d'eau, de vapeur ou d'air, ensemble ou séparément. L'eau de condensation peut être employée avec avantage, sa température permettant un meilleur nettoyage du crible. Le *segregator* fait trois révolutions par minute, la force motrice étant fournie par un moteur de 2 chevaux 1/2.

L'eau entre dans le crible à une extrémité par un tuyau de 600 millimètres dont le centre est exactement dans l'axe de l'appareil. Près de l'embouchure de ce tuyau est disposée une plaque de 200 millimètres carrés qui, posée transversalement, brise le courant et l'oblige à se répandre sur la circonférence de la grille. Les jets nettoyeurs, opérant sous pression, délaient la boue qui, sans cela, ne tarderait pas à colmater la fine trame, de telle sorte qu'une surface filtrante propre est toujours offerte au sewage. La boue s'avançant graduellement vers l'extrémité opposée du crible est reçue dans un baquet convoyeur et transportée sur le plancher de la station où un élévateur à spirale la prend et la décharge dans des sacs. Ces sacs sont placés dans une machine centrifuge qui fait huit cents tours à la minute et qui achève l'expulsion du liquide. Le résidu solide est vendu comme engrais ou mélangé avec du charbon pour être utilisé comme combustible : ce mélange brûle avec facilité.

Après son passage dans le *segregator*, l'eau est pompée et envoyée à la station d'épuration.

La fosse septique ouverte mesure $15^m,55$ sur 76 mètres de côté, avec $5^m,20$ de profondeur, mais l'eau ne s'élève que jusqu'à $0^m,30$ du faîte des murs. La capacité est environ

7260 mètres cubes, soit une durée de séjour de 12^h 3/4 pour 13 630 mètres cubes et 5^h 1/2 pour 31 720 mètres cubes.

Les lits sont à 750 mètres de la fosse septique et en contre-bas. Un terrain est réservé pour la construction de huit lits. Un seul est construit : il mesure 4040 mètres carrés de superficie et 1^m,50 de profondeur. Il est composé de scories de hauts fourneaux de 37^{mm},5 à 100 millimètres. L'effluent du septic tank y est distribué au moyen de becs pulvérisateurs par un appareil mesureur. Cet appareil est construit de telle façon que les becs donnent un jet de plus grande circonférence au début et qui diminue ensuite jusqu'à ce que cette circonférence soit de 0^m,90, lorsque la pression est de 0^m,60. L'écoulement cesse pendant 2 à 4 minutes, puis recommence à une pression de 2^m,10.

L'effluent des lits passe dans un bassin de sédimentation de 30 mètres sur 28^m,70, et 1^m,20 de profondeur. La capacité de 1545 mètres cubes est suffisante pour retenir les eaux pendant 2^h 1/4 pour le traitement de 15 890 mètres cubes de sewage par jour.

CHAPITRE XXVIII

DOCUMENTS

I

INSTRUCTION DES PROJETS DE CONSTRUCTION D'ÉGOUTS

MINISTÈRE
DE L'INTÉRIEUR

DIRECTION
DE
L'ASSISTANCE
ET DE
L'HYGIÈNE PUBLIQUES
—
4ᵉ BUREAU
HYGIÈNE PUBLIQUE

SALUBRITÉ PUBLIQUE
—
Instruction des projets de construction d'égouts.
—

(Expédiée aux préfectures le 11 mai.)

Paris, le 19 *avril* 1905.

LE MINISTRE DE L'INTÉRIEUR

à Monsieur le Préfet d

L'article 25 de la loi du 15 février 1902 relative à la protection de la santé publique dispose que le Comité consultatif d'hygiène publique de France est nécessairement consulté sur les travaux publics d'assainissement des villes de plus de 5000 habitants. D'autre part, aux termes de l'article 21 de la même loi, les conseils d'hygiène départementaux et les commissions sanitaires doivent être consultés sur les objets énumérés à l'article 9 du décret du 18 décembre 1848, au premier rang desquels figure l'assainissement des localités.

A diverses reprises, le Comité chargé d'examiner soit les projets qui lui étaient soumis en vertu de l'article 25 de la loi de 1902, soit ceux concernant les villes de moins de 5000 habitants qui pour des raisons spéciales lui étaient renvoyés, a été frappé de l'insuffisance des renseignements de toute nature contenus dans les dossiers. Mon attention ayant été appelée sur ce point, j'ai prié le Comité de rédiger un programme des renseignements à fournir, programme qui a été définitivement approuvé et dont vous trouverez le texte reproduit à la suite de la présente circulaire.

Ainsi que vous pourrez vous en rendre compte, ces instructions d'ordre technique présentent les indications les plus utiles pour assurer aux travaux qu'elles envisagent les meilleures garanties de bonne exécution, de durée et, par suite, d'économie. Elles exigent des conditions générales aussi favorables aux intérêts financiers qu'aux intérêts sanitaires des communes. Remplies dès le début, les prescriptions formulées constitueront un guide pour l'établissement des projets et permettront aux assemblées sanitaires de se prononcer sans perte de temps et en pleine connaissance de cause.

Il appartiendra, en conséquence, à MM. les préfets et sous-préfets de veiller à ce que les municipalités se conforment exactement à l'avenir, chaque fois qu'elles auront à établir des projets d'assainissement qui doivent en tout cas être soumis à l'examen préalable des assemblées sanitaires, aux dispositions prévues par le nouveau programme. Je vous en adresse à cet effet un certain nombre d'exemplaires détachés que vous voudrez bien répartir entre le conseil départemental et les commissions sanitaires en même temps que vous en porterez le texte à la connaissance des maires par la voie du *Recueil des actes administratifs* de votre préfecture.

Je vous serai obligé en outre de m'accuser réception du présent envoi.

Pour le ministre :

Le conseiller d'État,
directeur de l'assistance et de l'hygiène publique,

HENRI MONOD.

ANNEXE

TRAVAUX PUBLICS D'ASSAINISSEMENT

Programme d'instruction des projets de construction d'égouts.

Les projets d'assainissement d'une ville doivent constituer un ensemble dont on ne saurait, sans inconvénient, étudier une partie isolée; on ne serait pas assuré que l'exécution de cette partie du projet ne constituerait pas ultérieurement un obstacle à la réalisation des projets correspondant au reste des travaux d'assainissement.

Il est donc nécessaire de soumettre en pareil cas soit aux commissions sanitaires et aux conseils départementaux d'hygiène, soit au Comité consultatif d'hygiène publique de France, un projet d'ensemble tel qu'il doive être suffisant pour un avenir assez éloigné; on indiquera les parties les plus urgentes dont il faudrait assurer l'exécution immédiate, les autres parties devant être exécutées au fur et à mesure que des ressources suffisantes deviendront disponibles.

Tout projet devra faire connaître les éléments suivants :

Topographie générale de l'agglomération;

Population de la ville et des agglomérations desservies par les égouts projetés;

Surface des parties dont les égouts doivent recueillir les eaux: répartition en bassins divers, s'il y a lieu;

Nature des eaux que les égouts doivent évacuer : eaux pluviales, eaux de lavage des rues, eaux ménagères, eaux de lavoirs, eaux industrielles, matières de vidange. Dans le cas où ces dernières ne sont pas recueillies dans les égouts, indiquer quelles dispositions sont prises pour assurer que ce déversement ne peut avoir lieu; dire ce que deviennent ces matières;

Faire connaître la quantité d'eau distribuée dans la ville; y en a-t-il une partie destinée spécialement au lavage des rues et des ruisseaux? aux chasses dans les égouts? et laquelle?

Existe-t-il des lavoirs, des hôpitaux, des établissements industriels devant déverser des eaux impures dans les égouts? indiquer la nature des industries.

Faire connaître la forme, la section et la pente des égouts projetés; indiquer les moyens prévus pour assurer la ventilation continue et le nettoyage des égouts, les chasses d'eau, automatiques

ou non, les dispositions prises pour arrêter ou restreindre l'apport des matières solides.

Indiquer avec précision ce que deviendront les eaux recueillies dans les égouts : subissent-elles une purification? de quelle nature? sont-elles déversées simplement dans un cours d'eau? quel est le débit minimum de celui-ci? quelles sont les agglomérations riveraines existant en aval du débouché de l'égout? et à quelles distances?

Le Comité croit devoir appeler l'attention sur la nécessité de proportionner les sections et les pentes aux quantités maximum d'eau que les égouts doivent recevoir, en tenant compte des pluies torrentielles, à moins que des dispositions spéciales n'aient été prises pour assurer l'évacuation de celles-ci.

Il fait remarquer que la forme ovoïde, fréquemment adoptée, ne présente d'utilité que si la hauteur sous clé est suffisante pour que les ouvriers puissent y circuler sans difficulté ni gêne. Si cette condition ne peut être remplie, il y a avantage, en général, à adopter des conduites de section circulaire de petit diamètre, avec des regards rapprochés et des bouches disposées de manière à empêcher l'introduction des corps solides.

En ce qui concerne le débouché des égouts, le Comité considère comme fâcheux le déversement des eaux dans une rigole à ciel ouvert, qui devient promptement une cause d'infection; les eaux usées doivent couler dans des aqueducs couverts.

Il n'est pas admissible qu'une ville puisse souiller d'une manière quelconque les cours d'eau qui la traversent ou qui coulent dans son voisinage. On ne saurait donc accepter, au point de vue sanitaire, des projets dans lesquels les eaux recueillies par les égouts seraient déversés, sans purification préalable, dans un ruisseau, une rivière, un fleuve, surtout dans le cas où le déversement des matières de vidange dans les égouts serait autorisé. Le projet doit indiquer quel mode de purification sera employé; ce mode variera nécessairement avec la nature des eaux recueillies dans les égouts : décantation, filtrage, épuration par le sol naturel, procédés basés sur des réactions chimiques, emploi de l'épuration biologique, etc. La disposition adoptée devra être telle que les eaux rejetées dans un cours d'eau auront une épuration effective et, notamment, si ces eaux ont reçu des matières de vidange, seront débarrassées des microbes pathogènes qu'elles pouvaient contenir. Dans ce dernier cas, un contrôle permanent devra être établi; les conditions dans lesquelles il fonctionnera devront être soumises à l'approbation, soit des conseils départementaux d'hygiène, soit du Comité consultatif d'hygiène publique de France.

Programme approuvé par le Comité consultatif d'hygiène publique de France dans sa séance du 20 *février* 1905.

II

RÈGLEMENT DE POLICE DES COURS D'EAU NON NAVIGABLES NI FLOTTABLES

MINISTÈRE
DE
L'AGRICULTURE

DIRECTION
DE
L'HYDRAULIQUE
ET
DES AMÉLIORATIONS
AGRICOLES

1er BUREAU

Police des eaux.

Envoi d'un modèle de nouveau règlement de police des cours d'eau non navigables ni flottables.

Pollution des nappes souterraines.

CIRCULAIRE
N° 451

Paris, le 1er juin 1906.

LE MINISTRE DE L'AGRICULTURE

à Monsieur le Préfet d

Par une circulaire du 17 juillet 1900, l'un de mes prédécesseurs vous a invité à rapporter le règlement de police sur les cours d'eau non navigables ni flottables que vous aviez dû prendre conformément aux instructions de M. le Ministre des Travaux publics, en date du 21 juin 1878.

Cette mesure était indispensable puisque le modèle réglementaire n'était plus en parfaite concordance avec la loi du 8 avril 1898 sur le régime des eaux ; mais l'absence de tout règlement de police ne pouvait être que provisoire, étant donnée la nécessité, pour l'Administration, de fixer avec précision les usagers des eaux sur leurs obligations, et un nouveau règlement devait être pris par vos soins, dès que la loi du 8 avril 1898 aurait été complétée par les règlements d'administration publique prévus pour son application.

Les formalités relatives à l'instruction des demandes concernant les ouvrages soumis à autorisation venant d'être déterminées par le décret du 1er août 1905, je vous prie, Monsieur le Préfet, de prendre, dans le plus bref délai possible, un arrêté portant règlement de police sur les cours d'eau non navigables ni flottables de

votre département conforme au modèle annexé à la présente circulaire.

Plusieurs de vos collègues m'ont, à diverses reprises, demandé des instructions sur l'étendue des pouvoirs de l'Administration en matière de police des eaux; je crois donc devoir vous donner, sur la portée des divers articles du règlement, quelques indications sur lesquelles j'appelle toute votre attention, ainsi que celle de MM. les Ingénieurs du service hydraulique.

Article premier

Recépage des arbres.

L'article premier qui prescrit aux riverains le recépage des arbres, buissons et souches formant saillie ne soulève aucune observation particulière. Il convient, cependant, de signaler que l'obligation permanente qu'il leur impose est absolument indépendante de celles qui pourraient leur incomber en ce qui concerne les opérations spéciales de curage et de faucardement qui seraient ordonnées dans les conditions prévues au chapitre 3 du titre II de la loi sur le régime des eaux.

Art. 2 et 3

Produits des curages et passage sur les propriétés riveraines.

Les articles 2 et 3 assujettissent les riverains à recevoir sur leurs terrains les matières provenant des curages et à livrer passage aux agents de l'Administration préposés à la surveillance des cours d'eau, ainsi qu'aux entrepreneurs et ouvriers chargés du curage.

Ces servitudes, qui frappent les propriétés riveraines, dérivent de la situation même des lieux et sont consacrées par la jurisprudence.

Art. 4

Caractères distinctifs des travaux subordonnés à une autorisation préalable.

L'article 4 a pour but d'indiquer de la façon la plus générale quels sont les travaux dont l'exécution est subordonnée à une autorisation préalable.

Toutes les fois qu'un travail quelconque, permanent ou temporaire, est susceptible d'avoir une influence, soit sur le régime, soit sur l'écoulement des eaux, il ne doit être entrepris qu'après avoir été auparavant autorisé par l'Administration.

Pour reconnaître, dans chaque espèce particulière, si une auto-

risation est nécessaire, il conviendra donc uniquement d'examiner si l'une ou l'autre de ces deux conditions est remplie. Cette règle est absolue; elle est applicable quelles que soient la nature et l'importance de l'ouvrage projeté, quelle que soit sa situation par rapport au lit. Elle conserve toute sa valeur lorsque l'opération ne comporte pas d'ouvrages intéressant par eux-mêmes l'écoulement des eaux, comme par exemple dans le cas de dérivations effectuées au moyen de simples coupures dans la berge. Elle trouverait également son application s'il s'agissait de prises ou déversements communiquant indirectement avec une rivière puisque, dans ces circonstances, le régime des eaux serait encore influencé.

Les caractères distinctifs des travaux soumis à autorisation étant ainsi déterminés par l'article 4, les articles 5, 6, 7 et 8 envisagent les différents cas qui peuvent se présenter et précisent les régles spéciales à chacun d'eux.

Art. 5

Travaux dans le lit des cours d'eau.

L'article 5 vise les travaux dans le lit qui intéressent nécessairement l'écoulement des eaux, et qui, à ce titre, ne peuvent être exécutés qu'après avoir été autorisés, qu'il s'agisse de barrages, d'épis ou même de simples terrassements ou de plantations. Je vous rappelle, Monsieur le Préfet, que c'est vous qui êtes compétent, d'après la loi du 8 avril 1898, pour accorder les autorisations nécessaires, après l'accomplissement des formalités prescrites par le décret du 1er août 1905.

Il conviendra, d'ailleurs, de faire encore application de l'article 5 dans le cas de travaux qui, sans être complètement dans le lit, empièteraient sur les limites naturelles du cours d'eau.

Lorsqu'il ne s'agira que de réparations à des ouvrages précédemment autorisés, pour ne pas multiplier, sans nécessité, les sujétions imposées aux riverains et pour réduire autant que possible le nombre des affaires à instruire par les agents du service hydraulique, il ne m'a pas paru indispensable d'exiger une autorisation. Mais, il doit être bien entendu que si les réparations ne devaient pas laisser les ouvrages identiques à ceux précédemment autorisés, s'il s'agissait non de réparations proprement dites, mais de modifications, une autorisation serait nécessaire. Elle le serait également même dans le cas de simples réparations, si les ouvrages remis en état n'avaient pas été précédemment autorisés, et il conviendrait alors de procéder à la réglementation de l'ensemble des ouvrages non autorisés.

Art 6.

Extractions par les riverains dans le lit.

L'article 6 apporte une nouvelle exception au principe qui subordonne à une autorisation préalable l'exécution d'un travail quelconque dans le lit des cours d'eau. Cette tolérance concerne les extractions de vase, de sable et de pierres par les riverains.

Antérieurement à la loi sur le régime des eaux, le lit des cours d'eau non navigables ni flottables étant « *res nullius* », l'autorisation d'extraire des matériaux a été fréquemment accordée par l'Administration à des non riverains ; aujourd'hui, cette pratique n'est plus possible, puisque la loi a reconnu aux riverains la propriété du lit et leur a attribué comme conséquence le droit exclusif d'extraire la vase, le sable et les pierres, à leur profit. Mais dans l'exercice de leurs droits de toutes natures, les riverains sont soumis au pouvoir réglementaire de l'Administration, et l'article 3 de la loi du 8 avril 1898 prévoit de plus, expressément, que les travaux d'extraction ne doivent pas modifier le régime des eaux. On pouvait se demander si, dans ces conditions, il n'y avait pas lieu d'assimiler ceux-ci purement et simplement aux autres terrassements dans le lit, et de les subordonner, par suite, à une autorisation individuelle préalable.

Il m'a paru que cette obligation serait, dans une certaine mesure, gênante pour les intéressés et qu'elle n'était pas indispensable, étant donné, d'une part, que les extractions ne peuvent en général apporter de troubles sérieux au régime des cours d'eau, d'autre part, qu'il vous est toujours possible de réglementer ou même d'interdire complètement celles qui présenteraient des inconvénients pour l'intérêt général, au point de vue de l'écoulement des eaux comme au point de vue de la salubrité.

Cependant, il y aura le plus souvent intérêt à ne pas laisser aux riverains une liberté absolue en ce qui concerne l'extraction de la vase, du sable et des pierres, et il vous appartiendra, ainsi que le prévoit l'article 6, de fixer les conditions générales auxquelles sera soumis l'exercice de ce droit en vue d'assurer le libre écoulement des eaux, de sauvegarder la salubrité et de préserver les ouvrages publics tels que ponts, digues, travaux de défense ou d'alimentation de canaux, etc., établis par l'État, les départements, les communes ou par les associations syndicales.

Les prescriptions qu'il conviendra d'édicter pourront, d'ailleurs, ne pas être identiques pour tous les cours d'eau du département, étant donnée la diversité des natures de leurs lits. Vous aurez à demander, au sujet des mesures à prendre, des propositions aux Ingénieurs du service hydraulique, et vous voudrez bien soumettre

à mon examen votre arrêté réglementaire avant de le porter à la connaissance du public.

Art. 7.

Ouvrages au-dessus des cours d'eau ou les joignant.

L'article 7 concerne les ouvrages au-dessus des cours d'eau ou les joignant et prescrit, pour leur établissement, des formalités que l'Administration a été amenée par l'expérience à adopter, tant dans l'intérêt général que dans celui des riverains.

En principe, il avait semblé possible de laisser les intéressés exécuter librement, à leurs risques et périls, les ouvrages de cette nature, sauf à ordonner la démolition de ceux d'entre eux qui, préjudiciant à l'écoulement des eaux, sont interdits par l'article 10 de la loi du 8 avril 1898. Mais l'application de cette procédure a fait ressortir de tels inconvénients, que je crois devoir abroger la circulaire du 17 juillet 1900 qui l'avait instituée, en ce qui concerne les ouvrages joignant le lit.

Les riverains se rendent, en effet, difficilement compte de l'influence que peuvent avoir sur le régime des eaux les travaux qu'ils se proposent d'exécuter et, comme ils ont une tendance naturelle à avancer autant que possible leurs constructions vers le lit, le nombre de celles d'entre elles qui gênent l'écoulement augmente tous les jours. Dans ces conditions, l'Administration ne pourrait continuer à user de tolérance sans compromettre l'intérêt général, et elle serait avant peu dans l'obligation de poursuivre la démolition de tous les ouvrages faisant obstacle au libre écoulement des eaux. De semblables mesures de rigueur ne pourraient manquer d'être très préjudiciables aux intéressés, et seraient d'autant plus regrettables que la plupart d'entre eux n'ont établi que par ignorance des ouvrages nuisibles. Ces indications montrent bien que, dans l'intérêt même des riverains, il est préférable de ne pas maintenir un régime de liberté absolue qui, sans leur donner aucun avantage réel, peut entraîner de sérieuses difficultés ultérieures, et que l'exécution de travaux joignant le lit ou au-dessus doit nécessairement être subordonnée à certaines formalités.

L'Administration ne pouvait songer à fixer, d'une manière générale, les conditions d'établissement des ouvrages de cette catégorie, car, sur un même cours d'eau, les variations de régime sont fréquentes et la détermination de ces conditions exigerait par suite un travail aussi long que difficile.

La procédure fixée par l'article 7 qui oblige les riverains à vous soumettre, avant leur exécution, les dispositions qu'ils se proposent d'adopter était donc la seule pratique : les sujétions qu'elle impose aux intéressés sont très faibles par rapport à la sécurité

qu'elle leur donne, et l'on ne peut trouver de meilleures preuves de ses avantages que dans le fait qu'actuellement un grand nombre de riverains communiquent, de leur plein gré, leurs projets à l'Administration avant de les mettre à exécution, dans le but de savoir s'ils ne nuisent pas à l'écoulement des eaux.

Les formalités prescrites par l'article 7 ne soulèvent aucune observation spéciale; il convient cependant de remarquer que le délai de deux mois qui vous est imparti pour faire connaître aux pétitionnaires si l'ouvrage projeté intéresse ou non l'écoulement des eaux ne s'applique évidemment pas à l'arrêté que vous aurez à prendre, si l'ouvrage doit faire l'objet d'une autorisation, arrêté qui sera rendu après enquête dans les conditions prévues par le décret du 1er août 1905.

Art. 8

Prises et déversements d'eau.

L'article 8 est relatif aux prises et déversements d'eau.

Les riverains dans l'exercice des droits sur les eaux qui leur sont conférés par le Code civil sont soumis au pouvoir réglementaire de l'Administration, et l'article 2 de la loi du 8 avril 1898 rappelle expressément que, dans l'usage de l'eau courante qui borde ou traverse leurs propriétés, ils sont tenus de se conformer aux dispositions des règlements et aux autorisations émanées de l'Administration.

Les prises et les déversements d'eau ont nécessairement, quel que soit le volume dérivé ou écoulé, une influence sur le régime du cours d'eau où ils sont effectués, et devraient, par suite, conformément au principe posé à l'article 4, n'être opérés qu'après avoir été autorisées. Cependant l'application stricte de cette règle entraînerait un travail considérable pour les agents du service hydraulique, imposerait dans certains cas aux riverains des sujétions sans utilité, et il m'a paru qu'il convenait de ne pas exiger d'autorisation toutes les fois que le débit du cours d'eau ne serait pas modifié d'une manière appréciable.

Dans ce cas, en effet, une réglementation n'est pas utile pour les déversements qui ne peuvent présenter aucun inconvénient, et elle n'a également aucune raison d'être pour les prises, puisque, étant donnée leur faible importance, elles ne peuvent priver les usagers d'aval de l'eau qui leur est indispensable.

Dans le cas contraire, une autorisation préalable devra être demandée pour toutes les prises ou déversements envisagés au seul point de vue du volume dérivé ou écoulé et indépendamment des ouvrages destinés à les effectuer, soumis par eux-mêmes à la réglementation s'ils intéressent l'écoulement des eaux. Cette auto-

risation sera d'ailleurs nécessaire, que ces prises ou ces déversements soient faits directement ou indirectement dans le cours d'eau, et même s'ils ne devaient être que temporaires.

Il conviendra, en particulier, de n'apporter aucune tolérance à cet égard toutes les fois qu'il s'agira de dérivations pouvant nuire à la salubrité, à l'alimentation des hommes ou des animaux, aux besoins domestiques, à l'utilisation générale des eaux; dans ces cas, l'intervention de l'Administration devra nécessairement s'exercer pour sauvegarder ces intérêts dont elle doit tout particulièrement se préoccuper, ainsi que je vous l'indique avec plus de détails à propos de l'article 11.

L'autorisation devra être précédée des formalités prévues par le décret du 1er août 1905, et la circulaire dont je vous ai annoncé l'envoi, qui précisera les conditions d'application de ce décret, vous donnera des instructions complètes, en ce qui concerne les dispositions à insérer dans les règlements individuels.

J'appelle enfin tout spécialement votre attention, d'une part, sur ce que les non riverains, sauf ceux auxquels des titres auraient par exception conféré des droits sur les eaux, ne peuvent pratiquer de dérivations sur les rivières non navigables ni flottables qu'en vertu d'une déclaration d'utilité publique; d'autre part, sur ce que les déversements susceptibles d'être autorisés par application de l'article 8 ne peuvent évidemment être que des déversements d'eaux propres, ne rentrant pas dans la catégorie de ceux qui sont interdits par l'article 12.

Art. 9.

Obligations des usiniers relatives à l'écoulement des eaux.

L'article 9 est relatif aux obligations des usiniers et des usagers des barrages, en ce qui concerne l'écoulement des eaux.

Les trois premiers paragraphes s'appliquent à toutes les usines, qu'elles soient réglementées ou non. Le premier interdit de placer aucune hausse sur les déversoirs et les vannes des usines de façon que les usiniers ne puissent surélever, à l'insu de l'Administration, le niveau de leurs retenues et nuire ainsi à l'utilisation agricole ou industrielle des eaux, soit en augmentant l'humidité des terres, soit en allongeant la durée des intermittences sur les rivières où les usines marchent par éclusées.

Le deuxième indique que les usiniers sont responsables de la surélévation des eaux, tant que les vannes de décharge ne sont pas levées à toute hauteur.

Le troisième concerne les lâchures et l'entretien des ouvrages sujets à la réglementation.

La clause relative aux lâchures s'applique plus spécialement aux usines comportant des retenues qui emmagasinent un volume con-

sidérable; dans ce cas, il importe de ne jamais faire la vidange de ces retenues qu'en prenant toutes les précautions nécessaires pour éviter une inondation à l'aval.

L'obligation d'entretenir les ouvrages vise tout particulièrement les barrages réservoirs. Il ne suffit pas, en effet, que les arrêtés réglementaires des usines déterminent les profils en travers de ces barrages en tenant compte de leur mode de construction de façon que leur stabilité soit assurée, il faut encore que leur entretien soit constant, pour qu'une rupture, qui entraînerait la ruine de la vallée à l'aval, ne puisse se produire.

Les deux derniers paragraphes concernent les usines non pourvues de titres réglementaires.

Le quatrième paragraphe stipule qu'à défaut de titre règlementaire, les eaux ne devront pas dépasser le dessus du déversoir ou de la vanne de décharge la moins élevée s'il n'existe pas de déversoir. Cette prescription a pour but de prévenir les inondations, en obligeant les usagers des retenues non réglementées à établir leurs ouvrages de façon que les eaux puissent s'écouler comme si l'usine n'existait pas. Les barrages non autorisés ne peuvent être tolérés, lorsqu'ils ne remplissent pas les conditions précédentes, que s'ils sont construits de façon à être emportés par la première crue.

Le cinquième paragraphe de l'article 9 indique que les usiniers et usagers des usines non réglementées sont responsables de la surélévation des eaux, soit qu'elle provienne du défaut de manœuvre de leurs vannes, soit qu'elle résulte de la trop grande hauteur du déversoir ou de l'insuffisance des ouvrages de décharge.

S'il s'agit d'usines réglementées, établies conformément à leur acte d'autorisation, la responsabilité pénale n'existe que lorsque la manœuvre des vannes n'a pas été faite en temps utile, et l'usinier ne pourrait être, en cas de dommages résultant de dispositions défectueuses des ouvrages fixés par l'Administration, que rendu civilement responsable vis-à-vis des tiers dont les droits demeurent toujours réservés.

Art. 10

Obligations des usiniers et usagers des barrages pendant les opérations de curage.

L'article 10 prescrit aux usiniers et usagers des barrages l'obligation de tenir leurs vannes ouvertes pour l'exécution et la réception des travaux de curage aux jours et heures fixés par les arrêtés préfectoraux. Les chômages qui leur sont ainsi imposés sont largement justifiés, d'une part, parce que les curages leur profitent directement en rétablissant le cours régulier des eaux, d'autre part, parce que l'encombrement du lit par les dépôts est en grande partie la conséquence du remous créé par les ouvrages de retenue.

Art. 11

Transmission des eaux.

D'une manière générale, les dispositions des articles précédents, sauf celui qui concerne les prises, ont pour objet de prévenir les inondations; mais l'Administration n'a pas à se préoccuper seulement d'assurer aux eaux leur libre écoulement, elle doit aussi sauvegarder les autres intérêts généraux qui lui sont confiés, notamment la salubrité et l'alimentation des populations; elle doit encore intervenir pour que les eaux reçoivent la meilleure utilisation possible, pour les diriger, comme le prévoit la loi des 12-20 août 1790, vers un but d'utilité générale.

L'article 11 impose, à cet effet, aux usiniers et aux usagers des prises, indépendamment des obligations qui peuvent résulter pour eux des règlements généraux de répartition des eaux entre l'agriculture et l'industrie et de leurs règlements d'eau particuliers, l'observation de diverses prescriptions relativement à la transmission des eaux.

Le premier paragraphe de l'article 11 est destiné à protéger la salubrité publique, à assurer aux populations d'aval l'eau nécessaire à leur alimentation ainsi qu'à l'abreuvement de leurs bestiaux et à la satisfaction de leurs besoins domestiques. La doctrine et la jurisprudence sont d'accord pour reconnaître la légitimité de l'intervention de l'Administration en faveur de ces intérêts généraux dont la protection s'impose d'autant plus que les besoins de cettte nature ne sont pas garantis d'une manière expresse par le Code civil.

Il doit être bien entendu, d'ailleurs, Monsieur le Préfet, que l'obligation générale ainsi édictée ne doit pas vous empêcher de prendre, dans les règlements d'eau individuels, en vue de sauvegarder ces mêmes intérêts, des mesures spéciales et précises, qui sont en particulier presque toujours indispensables dans les cas de prises importantes ou d'usines établies sur des cours d'eau à faible débit où la marche par éclusées est normale.

Les prescriptions du premier paragraphe de l'article 11 ne suffisent pas à sauvegarder les intérêts généraux de toute nature dont l'Administration a la garde, lorsqu'il s'agit d'usines dont les retenues s'étendent sur de très grandes longueurs ou qui emmagasinent un volume d'eau considérable, soit au moyen de barrages réservoirs construits sur les cours d'eau, soit par des réservoirs exécutés en dehors du lit, mais alimentés par une dérivation.

Les usines de cette importance apportent des perturbations profondes au régime des rivières sur lesquelles elles sont établies, puisqu'elles peuvent interrompre le cours naturel des eaux sur plusieurs kilomètres et exercer leur action jusqu'à une distance encore plus considérable à l'aval de leur canal de fuite en retenant

les eaux, ou en ne les transmettant que d'une manière intermittente.

Dans ce cas, l'Administration ne peut, par suite, borner son rôle à prescrire l'écoulement du débit nécessaire à la salubrité et à l'alimentation publiques; elle doit encore prendre les mesures indispensables pour que les riverains et les usagers d'aval ne soient pas mis dans l'impossibilité d'exercer leurs droits de toutes natures sur les eaux et notamment leurs droits à l'arrosage. Le service hydraulique ne saurait, d'ailleurs, dans la circonstance, encourir le reproche d'empiéter sur le domaine judiciaire en départageant des intérêts privés : les intérêts agricoles et industriels de toute la partie du cours d'eau dont le régime naturel est complètement modifié sont assez nombreux et assez importants pour que leur protection ait nettement le caractère « d'utilité générale » qui, d'après les termes mêmes de la loi des 12-20 août 1790, justifie l'intervention de l'Administration.

Les dispositions du deuxième paragraphe de l'article 11 ont pour objet d'obliger les usagers des usines ou des prises d'eau établies dans les conditions qui viennent d'être indiquées à transmettre les eaux de façon à ne pas nuire à leur utilisation. Mais ces prescriptions d'ordre général, et en quelque sorte de principe, devront nécessairement être complétées par les obligations spéciales qu'il conviendra d'imposer en vue du même objet dans l'acte d'autorisation particulier à chaque espèce.

La circulaire qui commentera le décret du 1er août 1905 vous donnera, Monsieur le Préfet, des instructions en ce qui concerne les clauses de cette nature à insérer dans les règlements d'eau. Je vous invite, dès maintenant, à veiller avec soin à ce que des usines ou des prises d'eau de cette importance ne soient jamais, à raison de leur influence sur le régime des eaux, entreprises sans autorisation préalable.

Art. 12

Déversements interdits.

L'article 12 a pour but d'interdire diverses opérations qui pourraient avoir, soit directement, soit indirectement, une influence nuisible sur les cours d'eau.

Le premier paragraphe vise les dépôts et, d'une manière générale, les déversements quels qu'ils soient, qui pourraient gêner l'écoulement des eaux.

Le deuxième paragraphe est destiné à protéger la salubrité publique.

Le troisième paragraphe a pour but d'empêcher que la qualité des eaux ne soit altérée et que leur nature ou leur température ne soit modifiée de façon à rendre leur utilisation impossible.

Je ne saurais trop insister, Monsieur le Préfet, sur l'importance

que j'attache aux prescriptions des deux derniers paragraphes de l'article 12.

J'ai constaté, à diverses reprises, dans l'examen des affaires qui m'étaient soumises, qu'un assez grand nombre d'Ingénieurs du service hydraulique supposent que le rôle de l'Administration doit se borner à prescrire des mesures en vue d'assurer le libre écoulement des eaux. Cette opinion constitue une grave erreur, puisqu'elle néglige une partie très importante des attributions de police conférées de tous temps à l'autorité administrative et rappelées expressément par l'article 8 de la loi du 8 avril 1898, celle qui est relative à la conservation des cours d'eau.

L'importance de la mission qui incombe à cet égard au service hydraulique est, d'ailleurs, capitale : s'il est nécessaire de prévenir les inondations, il n'est pas moins indispensable, dans l'intérêt général, d'interdire que les eaux soient polluées de façon à nuire à la salubrité publique, de veiller à ce qu'elles ne perdent pas leurs qualités naturelles et d'empêcher qu'elles ne soient rendues impropres à l'un quelconque des nombreux usages auxquels elles sont destinées.

C'est aux Ingénieurs du service hydraulique seuls qu'il appartient de vous proposer les mesures qu'il conviendra de prendre afin de protéger l'alimentation des hommes et des animaux, et afin de permettre l'emploi de l'eau aux usages domestiques ou son utilisation pour l'agriculture et l'industrie.

En particulier, toutes les fois qu'il sera utile de compléter les dispositions édictées par le règlement de police, notamment de prévoir quels sont les résidus industriels dont l'écoulement est interdit ou ne peut être effectué que dans des conditions déterminées, les Ingénieurs du service hydraulique devront vous adresser toutes les propositions utiles pour sauvegarder les divers intérêts dont ils ont la charge.

Lorsqu'il ne s'agira que d'assurer uniquement la conservation du poisson, vous aurez à consulter les agents de l'Administration des forêts dont dépend le service de la pêche, mais, en vertu du principe rappelé par la circulaire du 10 décembre 1905, il conviendra que les mesures qui vous seront soumises à cet effet fassent l'objet de conférences avec le service hydraulique, si elles sont de nature à avoir une influence sur l'utilisation industrielle ou agricole des eaux.

En cas de désaccord entre les conférents, vous devrez me saisir sous le timbre de la Direction de l'hydraulique et des améliorations agricoles.

Je vous signale enfin que les égouts qui ont manifestement pour objet des déversements rentrant dans la catégorie de ceux qui sont interdits ne peuvent, en principe, être exécutés qu'en vertu d'une déclaration d'utilité publique et dans les conditions reconnues

nécessaires par le service hydraulique pour sauvegarder les divers intérêts qui lui sont confiés et dont je vous ai rappelé l'importance. Cependant, lorsque ces déversements ne seront pas, par leur composition et leur volume, de nature à influer à une époque quelconque de l'année, d'une manière sensible, sur la qualité des eaux des cours d'eau où ils sont effectués, ils pourront être assimilés aux écoulements d'eau propre et réglementés dans les mêmes conditions. Mais lorsqu'une ville fera application du système du tout-à-l'égout, l'évacuation dans la rivière devra être déclarée d'utilité publique. Je vous donnerai, d'ailleurs, au sujet des conditions dans lesquelles les égouts peuvent être établis, des indications plus détaillées, en vous adressant, comme le prévoit la circulaire du 22 novembre 1905, des instructions complètes sur l'application du décret du 1er août 1905.

Dispositions particulières et locales.

A la suite de l'article 12, un blanc est réservé dans le modèle du règlement de police pour l'insertion des dispositions particulières et locales qu'il pourrait convenir d'édicter.

S'il existe dans votre département des parties de rivières non navigables ni flottables dans les vallées desquelles la loi du 22 mai 1858 ait interdit la construction de digues sans autorisation de l'Administration, je vous prie de faire figurer dans cette partie du règlement de police l'article suivant :

« Conformément à la loi du 28 mai 1858, il ne pourra être établi aucune digue dans les parties submersibles des vallées des rivières de... (indiquer le nom de ces rivières) sans que les dispositions projetées aient été, au préalable, soumises à l'Administration qui aura le droit d'y apporter toutes les modifications qu'elle jugera utiles ou même d'interdire leur exécution. Toute infraction aux prescriptions précédentes constitue une contravention de grande voierie dont la connaissance appartient au Conseil de Préfecture. »

Garde-rivières.

L'article qui suit les dispositions particulières et locales est relatif aux garde-rivières. Ces agents pourront être institués si l'ensemble des intéressés ou seulement un certain nombre d'entre eux ont pris l'engagement solidaire d'assurer le payement de leur traitement: le département et les communes pourront, d'ailleurs, s'il le jugent convenable, accorder des subventions pour aider les intéressés à faire face à cette dépense.

Si vous estimez, Monsieur le Préfet, qu'il serait utile dans l'intérêt général d'habiliter certains agents du service hydraulique à dresser des procès-verbaux, je vous prierai de me faire connaître le nombre des conducteurs, commis ou cantonniers, que vous croiriez devoir être commissionnés.

Répressions des contraventions.

L'avant-dernier article du règlement de police concerne la répression des contraventions.

Les diverses prescriptions relatives à la constatation des contraventions et à l'affirmation des procès-verbaux ne soulèvent aucune observation spéciale.

En ce qui concerne la juridiction devant être saisie, je crois devoir vous donner quelques indications. Le tribunal compétent est, d'une manière générale, le tribunal de simple police; cependant, l'infraction commise peut, dans certains cas, être poursuivie devant le tribunal correctionnel, notamment si elle rentre dans l'un des cas prévus par les articles 457 du Code pénal et 15 de la loi des 28 septembre-6 octobre 1791; si, par exemple, un usinier causait des dommages par suite de la hauteur excessive de son déversoir, par suite du défaut ou de l'insuffisance de levée de ses vannes de décharge, s'il transmettait les eaux d'une manière nuisible ou altérait, soit directement, soit indirectement leur qualité.

Indépendamment de l'action répressive devant les tribunaux de police pour infraction au règlement sur la police des eaux, des poursuites devant le Conseil de Préfecture pourraient être exercées, si les faits délictueux constituaient des contraventions de grande voierie; en particulier si une inondation causait des dommages à des routes nationales, à des canaux de navigation, à des chemins de fer, à des travaux d'endiguement; s'il y avait lieu, enfin, d'appliquer la loi du 28 mai 1858 relative aux digues établies dans les parties submersibles de certaines rivières.

L'Administration n'a, d'ailleurs, pas à s'occuper seulement de la répression pénale de la contravention ou du délit commis; les mesures à prendre en vue de faire cesser les faits qui sont nuisibles à l'intérêt général présentent une utilité au moins aussi grande : les instructions détaillées qui suivent vous éclaireront sur la procédure à suivre à cet égard.

Vous avez toujours le droit, Monsieur le Préfet, en vertu des pouvoirs de police conférés à l'Administration, notamment par les lois des 12-20 août 1890 et du 8 avril 1898, de mettre en demeure les intéressés d'effectuer les travaux nécessaires et de les faire exécuter d'office s'il n'a pas été tenu compte de vos prescriptions.

Mais il est préférable, s'il n'y a pas urgence, d'avoir recours aux tribunaux auxquels est déféré le procès-verbal de contravention et de leur demander, indépendamment de l'amende prévue, d'ordonner la démolition des ouvrages nuisibles, *par les soins de l'Administration et aux frais des contrevenants.*

En ce qui concerne le recouvrement des dépenses faites, la loi relative aux contributions directes assimilées de chaque exercice contient un article qui autorise la mise en recouvrement, au profit

de l'État, des taxes décernées pour dépenses faites d'office au compte des riverains et usagers des cours d'eau dans l'intérêt de la police et de la répartition des eaux. Vous pourrez donc, Monsieur le Préfet, décerner contre les contrevenants une taxe qui sera recouvrée comme en matière de contributions directes.

J'appelle enfin votre attention sur les observations suivantes :

Les particuliers commettent souvent des contraventions de bonne foi, soit par ignorance, soit par fausse interprétation des règlements; dans ce cas il conviendra, en général, de ne faire dresser procès-verbal de contravention qu'après avoir enjoint aux intéressés de supprimer ou de modifier les ouvrages nuisibles et les avoir avertis, que, faute de satisfaire à ces prescriptions dans un délai de..., ils seront poursuivis devant les tribunaux compétents.

D'autre part, les poursuites ne doivent jamais être exercées pour départager des intérêts particuliers en conflit, mais uniquement dans l'intérêt général ou en faveur d'un ensemble d'intérêts assez importants pour justifier l'intervention de l'Administration.

Publication et exécution.

Le dernier article prescrit la publication et l'affichage du règlement de police dans l'étendue du département, son insertion au *Bulletin des actes administratifs* de la préfecture et charge l'Ingénieur en chef, les sous-préfets et les maires d'en surveiller et d'en assurer l'exécution.

Un exemplaire du *Bulletin des actes administratifs* contenant le règlement de police et trois exemplaires de l'affiche devront être adressés à mon administration.

Je ne mets pas en doute, Monsieur le Préfet, que la vulgarisation des dispositions qui précèdent ne rende de très utiles services aux usagers des cours d'eau non navigables ni flottables, en les fixant nettement sur les obligations qui leur incombent. J'attache beaucoup d'intérêt à ce que la plus grande publicité soit donnée à l'arrêté que vous devez prendre conformément au modèle qui vous est adressé, et à ce que les fonctionnaires chargés de ce soin veillent strictement à son exécution.

J'adresse amplification de la présente circulaire à MM. les Ingénieurs du service hydraulique et j'appelle à nouveau toute leur attention ainsi que la vôtre, Monsieur le Préfet, sur l'importance des diverses recommandations qui vous sont faites, afin que l'Administration remplisse dans toute son étendue et d'une manière efficace la mission complexe qui lui incombe, d'assurer la police et la conservation des cours d'eau non navigables ni flottables et de diriger les eaux du territoire vers un but d'utilité générale.

J. RUAU.

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

DIRECTION DE L'HYDRAULIQUE ET DES AMÉLIORATIONS AGRICOLES

DÉPARTEMENT D

COURS D'EAU NON NAVIGABLES NI FLOTTABLES

MODÈLE D'ARRÊTÉ PRÉFECTORAL

Nous, Préfet du département d

Vu la loi du 22 décembre 1789-janvier 1790;

Vu la loi des 12-20 août 1790 qui confie notamment à l'Administration le soin de diriger toutes les eaux du territoire vers un but d'utilité générale;

Vu les lois des 28 septembre-6 octobre 1791 et 20 messidor an III (article 4) ainsi que l'arrêté du Gouvernement du 19 ventôse an VI:

Vu les articles 644, 645, 714 du Code civil et les articles 457, 471, 474 du Code pénal;

Vu les décrets des 8 mai 1861, 14 novembre 1881, 5 septembre 1897;

Vu la loi du 5 avril 1884 (article 99);

Vu la loi du 8 avril 1898 (titre II), notamment l'article 8 qui charge l'autorité administrative de la conservation et de la police des cours d'eau non navigables ni flottables;

Vu les règlements d'administration publique des 14 novembre 1899 et 1er août 1905;

Vu la circulaire de M. le Ministre de l'Agriculture en date du 1er juin 1906;

Avons arrêté et arrêtons ce qui suit :

ARTICLE PREMIER.

Recépage des arbres.

Les riverains sont tenus de recéper et d'enlever tous les arbres, buissons et souches qui forment saillie, tant sur le fond des cours d'eau que sur les berges, et toutes les branches qui, baignant dans les eaux, nuiraient à leur libre écoulement.

Art. 2.

Produits des curages.

Les riverains sont assujettis à recevoir sur leurs terrains les matières provenant des curages faits au droit de leurs propriétés et à enlever les dépôts qui pourraient nuire à l'écoulement des eaux.

Art. 3.

Passage sur les propriétés riveraines.

Les riverains sont tenus de livrer passage sur leurs terrains, depuis le lever jusqu'au coucher du soleil, aux fonctionnaires et agents dans l'exercice de leurs fonctions ainsi qu'aux entrepreneurs et ouvriers chargés du curage.

Ces personnes ne pourront toutefois user du passage sur les terrains clos qu'après en avoir préalablement prévenu les riverains.

En cas de refus, elles requerront l'assistance du maire de la commune. Elles seront d'ailleurs responsables de tous les dommages et délits commis par elles et par leurs ouvriers.

Le droit de passage devra s'exercer, autant que possible, en suivant la rive des cours d'eau.

Art. 4.

Caractères distinctifs des travaux subordonnés à une autorisation préalable.

Aucun travail, quel qu'il soit, permanent ou temporaire, susceptible d'avoir une influence sur le régime ou l'écoulement des eaux d'un cours d'eau, ne peut être entrepris avant d'avoir été autorisé par l'Administration.

Art. 5.

Travaux dans le lit des cours d'eau.

Dans le lit d'un cours d'eau, aucun ouvrage permanent ou temporaire, aucun barrage, aucune plantation, aucun travail, quel qu'il soit, ne pourra être exécuté ou modifié sans l'autorisation du Préfet.

Art. 6.

Extractions dans le lit par les riverains.

Le droit du riverain de prendre dans la partie du lit qui lui appartient tous les produits naturels et d'en extraire de la vase, du

sable et des pierres ne pourra être exercé que dans les conditions générales qui auront été fixées par le Préfet.

ART. 7.

Ouvrages au-dessus des cours d'eau ou les joignant.

Quiconque veut établir un ouvrage au-dessus d'un cours d'eau ou le joignant doit soumettre au Préfet les dispositions qu'il se propose d'adopter.

Dans un délai de deux mois, le Préfet doit faire connaître au pétitionnaire si l'ouvrage projeté intéresse ou non le régime ou l'écoulement des eaux.

Dans le cas de l'affirmative, l'ouvrage ne pourra être exécuté que dans les conditions fixées par le Préfet.

Dans le cas de la négative, ou si, dans le délai de deux mois, il n'a pas reçu de réponse, le pétitionnaire pourra exécuter l'ouvrage sans autre formalité.

ART. 8.

Prises d'eau et déversements d'eau.

Toute prise d'eau, quel qu'en soit le mode, tout déversement susceptible de modifier d'une manière appréciable le débit d'un cours d'eau ne peut être effectué, soit directement, soit indirectement, à titre permanent ou temporaire, qu'après avoir été autorisé par l'Administration.

ART. 9.

Obligations des usiniers relatives à l'écoulement des eaux.

Les déversoirs et vannes de décharge seront toujours entretenus libres et il est expressément défendu d'y placer aucune hausse.

Les usiniers et usagers de barrages seront responsables de la surélévation des eaux tant que les vannes de décharge ne seront pas levées à toute hauteur.

Les usiniers et usagers de barrages ne devront faire aucune lâchure susceptible de causer des inondations et seront tenus d'assurer l'entretien constant de leurs ouvrages sujets à réglementation, de façon à prévenir tout accident.

A défaut de titre réglementaire qui fixe la hauteur légale de la retenue, les eaux ne devront pas dépasser le dessus du déversoir ou de la vanne de décharge la moins élevée, s'il n'existe pas de déversoir.

Les usiniers et usagers des barrages non réglementés seront responsables de la surélévation des eaux, soit qu'elle résulte du dé-

faut de manœuvre des vannes de décharge en temps utile, soit qu'elle provienne de la trop grande hauteur du déversoir ou de l'insuffisance des ouvrages de décharge.

Art. 10.

Obligations des usiniers pendant les opérations de curage.

Les usiniers et usagers des barrages devront tenir leurs vannes ouvertes tant pour l'exécution que pour la réception des travaux de curage pendant les jours et heures qui seront fixés par les arrêtés préfectoraux.

Art. 11.

Transmission des eaux.

Les usiniers et usagers des prises d'eau devront assurer la transmission des eaux de manière à ne jamais compromettre ni la salubrité publique, ni l'alimentation des hommes et des animaux, ni la satisfaction des besoins domestiques.

Les usiniers et usagers des prises d'eau ne devront, en aucun cas, nuire à l'utilisation générale des eaux en apportant sur une grande longueur au régime des cours d'eau des modifications susceptibles d'empêcher l'exercice des droits de toutes natures sur les eaux, notamment des droits à l'arrosage.

Art. 12.

Déversements interdits.

Il est interdit de jeter, de déverser ou de laisser écouler, soit directement, soit indirectement, dans le lit des cours d'eau, des matières, des résidus, des liquides :

1° S'ils sont susceptibles d'occasionner des envasements ou de gêner l'écoulement des eaux ;

2° S'ils sont infects, nuisibles ou susceptibles de compromettre la salubrité publique ;

3° S'ils sont susceptibles par leur température ou leur nature de rendre les eaux impropres à l'alimentation des hommes et des animaux, à leur emploi aux usages domestiques, à leur utilisation pour l'agriculture ou l'industrie, ou à la conservation du poisson.

Art. 13.

Dispositions particulières et locales.

. . . .
. . . .

Art. .

Garde-rivières.

Il pourra être institué, sur la demande des intéressés et à leur charge, des garde-rivières spécialement chargés de veiller à l'exécution du présent règlement.

Ces agents seront commissionnés par le sous-préfet et prêteront serment devant le tribunal de l'arrondissement.

Art. .

Répression des contraventions.

Les contraventions aux dispositions du présent règlement seront constatées au moyen de procès-verbaux dressés par les garde-rivières ou par tout autre agent de l'autorité ayant qualité à cet effet.

Ces procès-verbaux, s'ils ont été dressés par les garde-rivières ou des agents commissionnés du service hydraulique, seront affirmés dans les trois jours de leur date devant le maire ou le juge de paix, soit de la résidence de l'agent, soit du lieu de la contravention. Ils seront visés pour timbre et enregistrés en débet dans un délai de quatre jours après l'affirmation et déférés aux juridictions compétentes.

Copie de chaque procès-verbal sera remise, par l'agent qui l'aura dressé, au maire de la commune et notifié par celui-ci au contrevenant avec sommation, s'il y a lieu, de faire cesser immédiatement le dommage.

Art. .

Le présent règlement sera publié et affiché dans toute l'étendue du département et inséré au *Bulletin des actes administratifs* de la préfecture.

Des expéditions en seront adressées à l'Ingénieur en chef, aux sous-préfets et aux maires chargés, chacun en ce qui le concerne, de surveiller et d'assurer l'exécution des dispositions prescrites.

Fait à

III

POLICE DES EAUX. — POLLUTION DES NAPPES SOUTERRAINES

MINISTÈRE
DE
L'AGRICULTURE

DIRECTION
DE
L'HYDRAULIQUE
ET DES
AMÉLIORATIONS AGRICOLES

1er BUREAU

Déversements dans les cours d'eau non navigables ni flottables d'égouts communaux et d'eaux provenant d'établissements dangereux, incommodes ou insalubres.

CIRCULAIRE
N° 453

Paris, le 20 août 1906.

LE MINISTRE DE L'AGRICULTURE

à Monsieur le Préfet d

De nombreuses plaintes m'ont été adressées de diverses régions du territoire contre la contamination des cours d'eau non navigables ni flottables : l'enquête à laquelle j'ai fait procéder m'ayant montré que ces réclamations étaient parfaitement fondées, il me paraît indispensable de chercher à remédier à une situation qui s'aggrave tous les jours au point de ne pouvoir être tolérée et qui présente, pour l'utilisation des eaux, des inconvénients au moins aussi grands que pour la salubrité.

L'Administration chargée de la conservation des cours d'eau non navigables ni flottables a le devoir de veiller soigneusement à ce qu'aucun déversement susceptible d'altérer la qualité naturelle de leurs eaux ne soit effectué, et je ne saurais trop insister, Monsieur le Préfet, pour qu'il soit strictement tenu compte, à l'avenir, des prescriptions de ma circulaire du 1er juin 1906 en ce qui concerne les mesures à prendre par le service hydraulique pour protéger, contre la pollution des eaux, les intérêts de toutes natures qui lui sont confiés.

Parmi les déversements les plus nuisibles dont il convient avant tout de se préoccuper se placent au premier rang les égouts établis par les communes. Les villes qui construisent des égouts ou qui transforment leur réseau déjà construit en vue de l'écoulement des matières de vidange sont, en effet, de plus en plus nom-

breuses, et dans la plupart des cas, elles évacuent leurs eaux usées dans les rivières sans prendre les précautions indispensables pour faire disparaître les éléments nocifs qu'elles renferment, sans se rendre compte qu'elles n'ont ainsi éloigné de leurs habitants les germes d'infections que pour les reporter vers l'aval au préjudice des populations riveraines dont la santé est menacée et qui ne peuvent plus utiliser les eaux pour les multiples usages auxquels elles servaient précédemment.

Dans un grand nombre de cas, les déversements industriels présentent des inconvénients presque aussi graves que ceux qui résultent des égouts en raison de leur composition ou de leur température, et les évacuations des eaux résiduaires des établissements classés comme dangereux, incommodes ou insalubres rentrent le plus souvent parmi ceux qui peuvent causer les plus graves préjudices aux usages des eaux.

Des indications qui précèdent résulte la nécessité absolue que les déversements provenant soit d'égouts, soit d'établissements dangereux, ne puissent jamais être opérés que d'une façon régulière, c'est-à-dire après que les ingénieurs du Service hydraulique les auront reconnus susceptibles d'être autorisés et dans les conditions qu'ils estimeront convenables pour empêcher que les divers intérêts dont ils ont la charge ne soient lésés.

La construction des égouts dépendant du Ministre de l'Intérieur, la police des établissements classés étant exercée sous le contrôle du Ministre du Commerce, de l'Industrie et du Travail, je me suis entendu avec mes Collègues pour soumettre la réglementation des déversements de ces deux catégories dans les cours d'eau non navigables ni flottables à la procédure suivante, qui a été arrêtée d'un commun accord.

Égouts. — Les déversements d'eau d'égouts sont manifestement compris parmi ceux qui sont interdits par le règlement de police qui doit intervenir en exécution de la circulaire du 1er juin 1906; ils ne peuvent par suite, en principe, être autorisés qu'en vertu d'une déclaration d'utilité publique. Cependant, lorsque les eaux usées ne seront pas, en tenant compte de leur volume et de leur composition, de nature à influer sensiblement, à aucun moment de l'année, sur la qualité des eaux des cours d'eau où elles seront évacuées, leur écoulement pourra être autorisé par vous de la même manière que celui des eaux propres. Mais le déversement devra nécessairement être déclaré d'utilité publique toutes les fois que la ville qui l'effectuera fera application du système du tout-à-l'égout, soit qu'elle établisse à cet effet de nouveaux égouts, soit qu'elle se serve d'un réseau déjà existant.

Les déversements, qu'ils soient déclarés d'utilité publique ou qu'ils fassent l'objet d'un simple arrêté préfectoral, ne doivent être

autorisés que sous réserve des conditions nécessaires pour permettre l'utilisation des eaux aux différents usages auxquels elles servent, pour assurer le libre écoulement de ces eaux compromis par des dépôts préjudiciables à la fois aux usines et à ceux auxquels incombe la charge du curage, enfin pour maintenir la salubrité. Vous devez donc communiquer aux ingénieurs du Service hydraulique, pour qu'ils puissent faire les propositions utiles à cet égard, tous les projets d'égout sans exception.

J'appelle d'ailleurs votre attention sur ce que cette communication devra être faite, même s'il s'agit de villes d'une population supérieure à 5000 habitants, bien qu'en vertu de la loi du 15 février 1902, sur la santé publique, les projets d'égouts concernant les agglomérations de cette importance doivent être soumis au Conseil supérieur hygiénique de France. L'examen fait par ce Conseil donne, en effet, toute garantie aux populations d'aval au point de vue de la santé publique, mais elle ne saurait sauvegarder leurs intérêts ni en ce qui concerne l'utilisation des eaux, ni en ce qui concerne leur libre écoulement. Seul, le Service hydraulique peut apprécier quelles mesures doivent être prises pour la défense de ces divers intérêts, et son avis doit, par suite, encore dans ce cas, être nécessairement demandé.

Les prescriptions à insérer dans les actes d'autorisation sur la proposition du Service hydraulique ont, ainsi que je l'ai indiqué précédemment, pour objet, d'une part, de sauvegarder la salubrité, l'alimentation des hommes et des animaux, l'utilisation des eaux pour les besoins domestiques, pour l'agriculture et l'industrie, d'autre part, de pourvoir aux curages dont la nécessité résulterait de l'établissement des égouts.

Les conditions qu'il conviendra d'imposer aux communes à ces divers points de vue devront être déterminées par les ingénieurs après une enquête hydraulique suivie d'une conférence avec les représentants du Service municipal chargés de la construction des égouts. Cette procédure devra, d'ailleurs, être suivie non seulement lorsqu'une commune projettera l'établissement de nouveaux égouts, mais encore lorsqu'elle aura l'intention de se servir d'un réseau déjà existant pour l'évacuation d'eaux usées d'une nouvelle nature, qui ne s'y écoulaient pas précédemment, en particulier pour l'application du tout-à-l'égout. Dans ce cas, en effet, l'autorisation ou la tolérance dont la commune bénéficiait auparavant ne saurait conserver ses effets, puisque l'importance et la nature des déversements sont complètement modifiées et que leurs inconvénients pour les rivières où ils sont effectués deviennent par suite beaucoup plus considérables.

Pour réduire les formalités, l'enquête hydraulique nécessaire pourra avoir lieu en même temps que celle qui sera ouverte sur le travail communal à exécuter, sous la réserve expresse, d'une part

que l'arrêté ordonnant cette information spécifiera nettement qu'elle porte sur le principe du déversement des eaux usées, et d'autre part, que l'enquête sera ouverte dans toutes les communes riveraines du cours d'eau dans la partie où la qualité des eaux pourra être influencée.

Le procès-verbal des conférences devra toujours être joint au dossier qui me sera adressé s'il y a lieu à déclaration publique. Lorsque le déversement pourra être autorisé par arrêté préfectoral, vous devrez me saisir, sous le timbre de la Direction de l'hydraulique et des améliorations agricoles, s'il y a désaccord entre les conférents; dans le cas contraire, vous aurez seulement à m'envoyer la copie du procès-verbal de la conférence.

Je vous adresserai, d'ailleurs, ultérieurement des instructions plus détaillées au sujet des conditions à imposer aux communes en ce qui concerne les déversements d'eau d'égouts dans les cours d'eau non navigables ni flottables.

Établissements classés comme dangereux, incommodes ou insalubres. — Les établissements industriels de cette catégorie sont, suivant leur classe, autorisés, sous le contrôle de M. le Ministre du Commerce, soit par vous, soit par le sous-préfet de l'arrondissement dans lequel ils sont situés; mais cette réglementation, qui n'a d'autre but que de prendre les mesures destinées à protéger les populations contre les risques et les incommodités résultant du voisinage de l'usine, ne concerne pas l'évacuation des eaux résiduaires qui peut, dans certains cas, être effectuée dans un cours d'eau non navigable ni flottable. Cet écoulement ne doit être opéré qu'en vertu d'une autorisation spéciale imposant à l'industriel l'observation des précautions reconnues nécessaires par le Service hydraulique pour sauvegarder les divers intérêts qui lui sont confiés.

Cependant les propriétaires d'établissements classés peuvent s'expliquer parfois difficilement la nécessité de cette double réglementation, et il conviendra, pour réduire les formalités qui leur sont imposées, d'adopter la procédure suivante : En adressant sa demande d'autorisation, l'industriel devra faire connaître si les eaux résiduaires provenant de son usine devront être évacuées dans un cours d'eau non navigable ni flottable. Dans l'affirmative, il devra être procédé parallèlement à l'instruction relative à l'autorisation de l'établissement et à celle qui concerne le déversement.

L'enquête hydraulique qui devra être faite dans les conditions fixées par le décret du 1[er] août 1905 pourra avoir lieu au même moment que celle qui sera ouverte sur le principe de l'établissement de l'usine. Elle devra être suivie d'une conférence entre les ingénieurs du Service hydraulique et les agents chargés de l'élaboration de l'arrêté d'autorisation dans le but d'empêcher que des

prescriptions contradictoires ne soient imposées à l'industriel par les deux Administrations intéressées. En cas de désaccord entre les conférents, vous devrez m'en saisir sous le timbre de la Direction de l'hydraulique et des améliorations agricoles.

Les conditions à ordonner par le Service hydraulique devront d'ailleurs avoir pour objet, ainsi que je vous l'ai indiqué à propos des égouts, de sauvegarder l'utilisation des eaux et d'assurer leur libre écoulement ainsi que la salubrité.

Les instructions qui précèdent ont pour but de combattre, aussi efficacement que le permet la législation actuelle, la contamination sans cesse croissante des cours d'eau non navigables, ni flottables, mais le Service hydraulique auquel incombe la gestion de toutes les eaux qui ne font pas partie du domaine public doit également se préoccuper de la préservation des nappes souterraines et des sources qu'elles alimentent. Les eaux de ces provenances sont employées de plus en plus par les populations rurales qui s'en servent, indépendamment de l'alimentation publique, pour leurs besoins domestiques ainsi que pour l'irrigation. Le Service hydraulique et des améliorations agricoles qui subventionne ces entreprises et prête le concours de ses agents pour leur réalisation doit donc nécessairement intervenir pour protéger ces eaux contre une pollution qui les rendrait inutilisables.

Il est vrai que la loi sur la santé publique prévoit la constitution d'un périmètre de protection pour défendre les eaux servant à l'alimentation des communes, mais ces précautions, qui peuvent être efficaces pour conserver la pureté de ces eaux, ne sauraient assurer la préservation de toute la nappe d'où elles proviennent, et, pour ne pas rendre dangereuse son utilisation, c'est aux causes mêmes de contamination qu'il faut remédier.

Parmi les opérations qui présentent le plus de danger à cet égard se place l'épandage. Conformément à une entente intervenue entre M. le Ministre de l'Intérieur et mon Administration, les projets communaux de cette nature devront être, à l'avenir, soumis au Service hydraulique qui devra les examiner de façon qu'ils soient établis en prenant toutes les précautions nécessaires pour éviter la pollution de la nappe souterraine. Les dispositions qu'il conviendra de prescrire à cet égard feront l'objet de conférences entre les ingénieurs du Service hydraulique et les représentants du Service municipal chargés des projets d'épandage; elles seront insérées dans l'acte déclaratif d'utilité publique des travaux qui paraît indispensable pour autoriser l'entreprise, étant donnée sa nature, même si la commune n'avait pas besoin de recourir à l'expropriation pour acquérir les terrains nécessaires à l'opération.

Indépendamment des dispositions destinées à préserver la nappe souterraine, le service auquel incombe la surveillance de la rivière

où les eaux provenant de l'épandage seront en dernier lieu évacuées, pourra réglementer les déversements de façon à remédier aux inconvénients qui pourraient en résulter. Lorsque l'écoulement aura lieu dans un cours d'eau non navigable ni flottable, l'instruction relative à son autorisation devra évidemment être faite par le Service hydraulique en même temps que celle concernant l'influence de l'épandage sur la nappe souterraine.

Des indications ultérieures vous seront d'ailleurs adressées en ce qui concerne les conditions à imposer aux communes qui projetteront des travaux de cette nature.

J'appelle toute votre attention, Monsieur le Préfet, sur l'importance des mesures à prendre pour faire cesser la contamination des eaux des cours d'eau non navigables ni flottables, et pour protéger les nappes souterraines; je ne saurais trop insister pour que les formalités réglementaires dont les instructions qui précèdent vous ont montré toute l'utilité soient à l'avenir rigoureusement observées.

J'adresse à M. l'Ingénieur en chef du Service hydraulique un exemplaire de la présente Circulaire que je vous prie d'insérer au *Bulletin des Actes administratifs* de votre département.

J. RUAU.

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES FIGURES

60816. — PARIS, IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, rue de Fleurus, 9.

RECHERCHES

SUR

L'ÉPURATION BIOLOGIQUE ET CHIMIQUE DES EAUX D'ÉGOUT

A LA MÊME LIBRAIRIE

Recherches sur l'épuration biologique et chimique des Eaux d'égout, *effectuées à l'Institut Pasteur de Lille et à la Station expérimentale de la Madeleine.* Sous la direction du Dr A. CALMETTE.

Tome Ier avec la collaboration de MM. E. Rolants, E. Boullanger, F. Constant, L. Massol et du Pr A. Buisine. 1 vol. grand in-8° de v-194 pages, avec 39 figures et tracés dans le texte, et 2 planches hors texte (*épuisé*).

Tome II avec la collaboration de MM. E. Rolants, E. Boullanger, F. Constant, L. Massol. 1 vol. grand in-8° de IV-314 pages, avec 45 figures et de nombreux graphiques dans le texte, et 6 planches hors texte (*épuisé*).

Tome III avec la collaboration de MM. E. Rolants, E. Boullanger, F. Constant, L. Massol. 1 vol. grand in-8° de VIII-274 pages, avec 50 figures dans le texte.. . . . 8 fr.

1er *Supplément.* — Analyse des Eaux d'égout, par E. ROLANTS. 1 vol. grand in-8° de IV-132 pages, avec 31 figures dans le texte. . . . . 4 fr.

Les Venins. *Les animaux venimeux et la sérothérapie antivenimeuse*, par le Dr A. CALMETTE. 1 volume grand in-8° avec 125 figures, relié toile. . . . . 12 fr.

L'Ankylostomiase, *maladie sociale* (*anémie des mineurs*), biologie, clinique, traitement, prophylaxie, par le Dr A. CALMETTE, avec la collaboration de M. BRETON, chef de clinique médicale à la Faculté de Médecine, assistant à l'Institut Pasteur de Lille; avec un appendice par E. FUSTER, secrétaire général de l'Alliance d'hygiène sociale. 1 volume in-8°, avec figures dans le texte, cartonné toile. . . . . 5 fr.

63557. — Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris.

MINISTÈRE DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE

CAISSE NATIONALE DES RECHERCHES SCIENTIFIQUES

RECHERCHES

SUR

L'ÉPURATION BIOLOGIQUE ET CHIMIQUE

DES EAUX D'ÉGOUT

EFFECTUÉES A L'INSTITUT PASTEUR DE LILLE

ET A LA STATION EXPÉRIMENTALE DE LA MADELEINE

PAR

LE Dr A. CALMETTE

Membre correspondant de l'Institut et de l'Académie de Médecine

AVEC LA COLLABORATION DE MM.

E. ROLANTS
Chef de laboratoire à l'Institut Pasteur de Lille

E. BOULLANGER
Chef de laboratoire à l'Institut Pasteur de Lille

F. CONSTANT
Préparateur à l'Institut Pasteur de Lille

L. MASSOL
Chef de laboratoire à l'Institut Pasteur de Lille

QUATRIÈME VOLUME

PARIS

MASSON ET Cie, ÉDITEURS

120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN

1909

INTRODUCTION

Lorsqu'en 1902 nous entreprîmes nos premières recherches sur l'*épuration biologique des eaux d'égout*, très peu de personnes connaissaient, en France et dans la plupart des pays d'Europe, les résultats fort encourageants fournis par l'application de cette méthode dont le principe avait été d'abord établi par *Hiram Mills* à la station expérimentale de *Lawrence* (*Massachusets*) et qui fut successivement perfectionnée à *Sutton* et à *Barking*, près de *Londres*, par *W. J. Dibdin*; puis à *Manchester* et à *Leeds*, par *Sir Henry Roscoe*, *P. Frankland*, *Gilbert J. Fowler* et le *colonel Harding*; à *Hambourg*, par *Dunbar*, et enfin par nous-même en *France*.

Les hygiénistes et les ingénieurs sanitaires estimaient alors que l'épandage avec utilisation agricole, tel qu'on le pratiquait aux environs de Paris, à *Gennevilliers* et à *Achères*, et aussi à *Reims*, devait être considéré comme la solution la plus parfaite et la plus économique du grave problème de l'assainissement des villes.

Pourtant l'opinion publique commençait à s'inquiéter de certaines accusations portées contre l'*épandage*. Et, quoique la plupart des méfaits imputés à cette méthode fussent considérablement exagérés, il fallait bien se rendre à l'évidence et admettre qu'elle était *inapplicable dans le plus grand nombre des cas, parce qu'il est exceptionnel de trouver, aux environs immédiats des grandes villes, des terrains suffisamment vastes, peu coûteux et d'une perméabilité convenable.*

La ville de Paris elle-même n'est jamais parvenue à traiter la totalité de ses eaux d'égout sur les 6000 hectares de terres irrigables dont elle dispose, et l'application progressive du tout à l'égout l'oblige à rechercher d'autres moyens pour éviter les déversements directs d'eau non épurée en Seine. Aussi dut-elle entreprendre à son tour des essais qui sont actuellement poursuivis à *Gennevilliers*, sous la haute direction de M. l'ingénieur en chef *Colmet-Daage*, successeur de M. *Bechmann*. Pressé davantage encore par les circonstances, le département de la Seine n'a pas hésité à réaliser immédiatement au *Mont-Mesly*, près de *Créteil*, une première station qui assure déjà l'épuration biologique de 10 000 mètres cubes par jour d'eaux d'égout provenant de *St-Maurice* et de *Maisons-Alfort*.

Au cours de cette année 1908 et depuis la publication des trois premiers volumes de nos *Recherches*, d'assez nombreuses applications du système biologique ont été effectuées en France. Mais la seule un peu importante, en dehors de *Paris* et de *Lille*, est celle de *Toulon* que nous avons précédemment décrite. Beaucoup d'autres sont à l'état de projets; plusieurs de ceux-ci sont déjà approuvés par le Conseil supérieur d'hygiène publique, en particulier ceux des villes de *Mâcon*, de *Privas*, de *Villeneuve-Saint-Georges*. On peut espérer désormais que ces exemples seront suivis. Le temps est proche où les municipalités se préoccuperont, plus que la plupart d'entre elles ne l'ont fait jusqu'ici, de sauvegarder la santé publique en protégeant les nappes aquifères souterraines et les rivières contre les pollutions si dangereuses produites par les puisards ou puits perdus, par les fosses fixes ou par les déversements directs des égouts dans les cours d'eau.

Nous aurions déjà fait plus de progrès sans doute si, à l'exemple de l'Angleterre et de l'Allemagne, nous avions abordé tout de suite et partout l'étude du problème de l'assainissement urbain collectif, au lieu de tolérer dans nos villes ces multiples petites installations soi-disant sanitaires qui, sous les dénominations les plus variées, n'ont procuré que des

déboires et coûté beaucoup d'argent aux propriétaires d'immeubles séduits par les fallacieuses promesses qui s'étalaient dans les prospectus de leurs inventeurs.

Heureusement aujourd'hui, grâce à l'intervention et au droit de contrôle du Conseil supérieur d'hygiène publique ou des conseils départementaux et des commissions sanitaires, le danger très réel de voir se propager l'adoption de ces systèmes qui, sous un masque scientifique, ont fait tant de dupes, est à peu près conjuré. Les villes, les grands établissements industriels, ne se hasardent plus à faire construire des fosses septiques et des lits bactériens sans solliciter l'examen de personnalités scientifiques compétentes, ingénieurs, chimistes et bactériologistes, capables de les éclairer en toute indépendance sur le procédé d'épuration, sur le mode d'adduction ou de distribution dont le choix s'impose comme devant être plus économiques et plus efficaces suivant chaque circonstance.

Il est désirable qu'il en soit toujours ainsi dans l'avenir. On doit souhaiter aussi qu'après leur mise en service, toutes les stations d'épuration dont le bon fonctionnement intéresse la santé publique ou la salubrité des cours d'eau, soient périodiquement visitées et surveillées. Par l'intervention opportune d'un bactériologiste familiarisé avec la connaissance des phénomènes biologiques qui s'accomplissent dans les fosses septiques ou sur les lits bactériens, on évitera presque toujours des réparations prématurées et coûteuses.

Nous avons déjà indiqué qu'en Allemagne ces conseils et ce contrôle permanents incombent à une institution officielle (*KK. Versuchs- und Prüfungsanstalt Wasserversorgung and Abwasserbeseitigung*, Kochstrasse 73, Berlin W.) qui, depuis 1901, date de sa création, rend les plus grands services. Le ministère de l'Instruction publique prussien, dont elle dépend, lui assure chaque année un budget minimum de 130 000 *marks* (162000 francs). Une organisation analogue s'impose en France et il semble que notre caisse nationale des Recherches scientifiques, qui peut recevoir chaque année une importante subvention prélevée spécialement sur les fonds du pari mu-

tuel pour les études relatives à l'épuration des eaux d'égout, n'aurait aucune peine à la réaliser.

Nous exprimons le vœu qu'elle veuille bien s'en préoccuper et qu'elle parachève ainsi l'œuvre de haute portée sociale que sa généreuse intervention nous a permis de poursuivre. Notre concours le plus dévoué lui reste acquis et nous nous estimerons heureux, mes collaborateurs et moi, s'il lui paraît que nos modestes efforts ont répondu à la confiance dont elle nous a honorés.

Dr A. CALMETTE.

RECHERCHES

SUR

L'ÉPURATION BIOLOGIQUE ET CHIMIQUE DES EAUX D'ÉGOUT

CHAPITRE PREMIER

LA STATION EXPÉRIMENTALE DE LA MADELEINE

Les agrandissements successifs, puis les transformations que nous avons jugé nécessaire de faire subir à notre station expérimentale de *la Madeleine* ont apporté de tels changements aux dispositifs décrits dans le premier et dans le second volume de ces recherches, que nous croyons indispensable d'en donner ici une nouvelle description et un plan représentant exactement son état actuel.

Les résultats de nos expériences antérieures sur le fonctionnement des lits de contact et sur le travail comparé des fosses septiques ouvertes à l'air libre ou fermées, nous avaient suffisamment renseignés, d'une part sur la supériorité incontestable des lits bactériens percolateurs pour l'épuration des eaux résiduaires de *la Madeleine*, d'autre part sur les inconvénients réels que présentent les fosses septiques couvertes, pour nous déterminer à adopter d'importantes modifications à notre installation primitive.

Actuellement nous disposons d'une surface totale de 690 mètres carrés de lits percolateurs, sur lesquels nous pourrons traiter en 1909 une moyenne de 700 *mètres cubes d'eau par jour*, c'est-à-dire à peu près la totalité de ce que débite en temps normal l'égout de *la Madeleine*.

Les anciens lits de contact ont été supprimés.



La fosse septique *couverte* a été transformée en fosse *ouverte*, semblable à celle qui existait précédemment. Les chambres à sable ont été agrandies, et on a construit des bassins d'échantillonnage permettant de recueillir séparément et simultanément des échantillons moyens d'eau brute, d'eau sortant de chacune des deux fosses septiques ouvertes, et de chaque groupe de lits percolateurs.

Enfin on a aménagé, outre l'ancien aquarium qui ne pouvait être alimenté d'eau épurée que d'une façon intermittente, un vaste bassin à poissons que traverse incessamment l'effluent des nouveaux lits.

Les appareils de distribution automatique auxquels notre choix s'est arrêté sont exclusivement les siphons à décharge intermittente des types *Geneste-Herscher* et *Parenty*. Mais nous avons continué à expérimenter le *distributeur rotatif Fiddian*, et nous étudierons tous les appareils analogues qui, mis à notre disposition par leurs inventeurs ou constructeurs, nous paraîtraient offrir quelque avantage sérieux, particulièrement au point de vue économique.

*
* *

Le plan général de la station expérimentale de *la Madeleine* comporte : (Voir *planches* I et II et *fig.* 1, 2 et 3).

En *a* l'arrivée de l'eau brute qui était primitivement évacuée par gravitation dans la Basse-Deûle et qu'un barrage, formant déversoir de sûreté, oblige actuellement à passer par nos bassins d'épuration. L'eau traverse d'abord une grille à tiges de fer espacées de $0^m,06$, destinée à retenir les corps flottants volumineux, et un régulateur de débit, système *Parenty*, que nous avons décrit en détail, page 280 de notre volume II. Elle se répartit ensuite en *b* entre deux chambres à sables S et S' de $15^{m^3},50$ de capacité chacune. Les dimensions de ces fosses sont :

Longueur $2^m,50$.

Largeur $3^m,10$.

Profondeur 2 mètres.

En amont du régulateur de débit, un déversoir de trop plein assure l'évacuation à la rivière par *ab*, en cas d'arrivée

brusque d'un grand volume d'eau. Le déversoir est placé à $0^m,80$ au-dessus du niveau d'écoulement minimum.

Dans l'une des parois de la chambre à sables S', une petite vanne *v* permet de diriger sur *ba* un centième du débit total de *a* vers une fosse d'échantillonnage pour les analyses quotidiennes d'eau brute.

Chaque chambre à sables est pourvue d'un déversoir de $1^m,98$ de largeur D et D' d'où les eaux, débarrassées des corps lourds en suspension, vont par D*s* et D'*s'* dans les deux fosses septiques n°s 1 et 2.

Fosses septiques. — La capacité utile de chacune des fosses est de 282 mètres cubes, soit 564 mètres cubes au total et leurs dimensions sont :

Longueur moyenne 33 mètres (longueur en surface $= 33^m,60$).

Largeur 3 mètres.

Profondeur $2^m,85$.

A leur extrémité opposée au point d'entrée des eaux, elles portent un déversoir divisé en trois lames : l'une, la plus grande, large de $0^m,99$ conduit aux lits bactériens par $\lambda\mu$ l'effluent à épurer ; les deux autres de $0^m,01$ d'ouverture, servent alternativement ou simultanément pour conduire par λ' ou par μ' une fraction du liquide sortant des fosses septiques à l'un ou à l'autre des bassins d'échantillonnage numérotés 1 et 2, ou bien à l'appareil *Fiddian* représenté sur le plan, à droite des lits percolateurs.

Arrivant des chambres à sables par D*s* et D'*s'*, l'eau d'égout brute entre dans les fosses septiques 1 et 2 et s'y débarrasse des matières organiques en suspension qu'elle contenait. Son séjour dans l'une ou l'autre fosse varie suivant le débit du régulateur *Parenty*. Les chicanes de surface α, γ, ε, et les chicanes de fond β, δ, assurent une décantation aussi parfaite que possible. Leurs dispositions respectives sont indiquées sur le plan par les coupes *a b c d* et *a b e f*.

De simples planches transversales, non représentées dans la figure, plongeant seulement de $0^m,10$ dans le liquide, coupent la surface des fosses septiques en rectangles, assurant la retenue des graisses et autres corps flottants qui forment chapeau.

Vers le milieu de la fosse n° 1 une passerelle en ciment armé porte un thermomètre enregistreur qui indique en toutes saisons la température de l'eau à 2 mètres de profondeur.

Dans la dernière portion φ et φ' nous avions primitivement installé un filtre constitué par des cailloux, pour retenir dans chaque fosse les matières qui pouvaient avoir échappé aux actions de fermentation anaérobie. Cette précaution a été, depuis, jugée inutile parce que la longueur des fosses étant très suffisante pour assurer une solubilisation convenable,

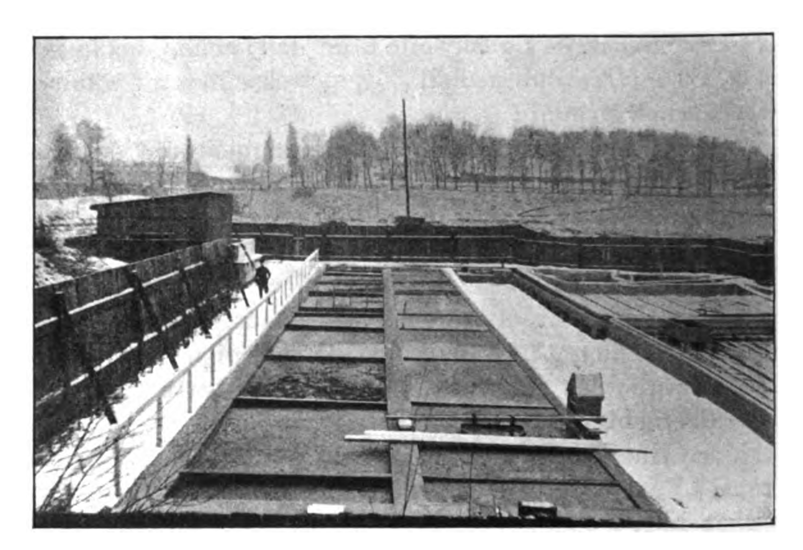


Fig. 1. — Fosses septiques de la Madeleine.

l'effluent ne renferme jamais de matières en suspension en quantités gênantes.

Le dragage des fosses est effectué, lorsqu'il y a lieu (une fois par an environ) avec des dragues à main, sans les vider. Ainsi leur fonctionnement n'est pas interrompu. Il eût été préférable d'aménager le fond avec une partie déclive en forme de cuvette, d'où une vanne eût permis d'évacuer partiellement de temps à autre les boues déposées; mais cela n'a pas été possible à *la Madeleine* parce que le fond des fosses dut être construit dans un terrain très aquifère, au-dessous du niveau de la Basse-Deûle toute voisine.

Toutefois, pour nous rendre compte aussi exactement que

possible des quantités de boues enlevées par dragage à chaque fosse, et pour analyser des échantillons moyens de ces boues, nous disposons d'un vaste bassin complètement cimenté, de 33^{m},60 de longueur (comme les fosses septiques) et de 0^{m},50 de profondeur seulement. Le produit de chaque dragage y est déposé, puis extrait après dessiccation convenable pour être pesé et analysé.

L'effluent des fosses septiques s'écoule par gravitation dans une rigole en ciment armé λμ, établie le long de ce bassin à boues, puis dans une autre rigole perpendiculaire à la précé-

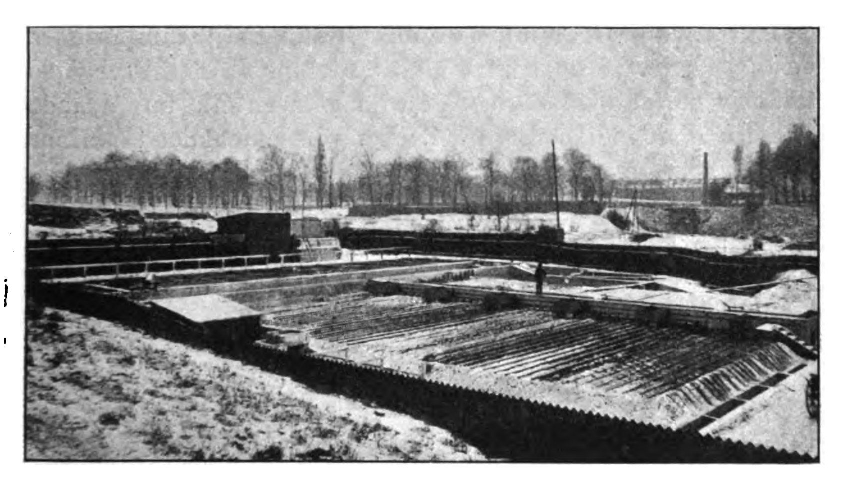


Fig. 2. — Vue générale des lits percolateurs de la Madeleine.

dente, qui alimente directement les réservoirs de chasse en tôle E, F, G, H, I, K à gauche et les réservoirs de chasse L, M, N, O à droite, ces derniers en ciment armé.

Les premiers de ces réservoirs (E, F, G, H, I, K) ont chacun 600 litres de capacité et portent chacun en leur milieu de siphon de chasse automatique et intermittente du type un *Geneste-Herscher*.

L'eau à épurer arrive par le canal λμ; elle est introduite par une vanne-déversoir à débit réglable dans chaque réservoir. Lorsque l'un d'eux est plein, le siphon s'amorce automatiquement et, en un laps de temps qui n'excède pas 50 secondes, tout le contenu s'échappe brusquement pour se déverser à flots dans une nochère sous-jacente à chaque réservoir,

laquelle est munie de fentes latérales ou d'ouvertures correspondant chacune à une rangée de drains ou de tubes distributeurs de surface.

Grâce à cette disposition, l'eau est très rapidement distribuée sur toute la surface du lit bactérien.

Le fonctionnement des siphons est réglé de telle sorte que chaque réservoir met *au moins* dix minutes à se remplir et *au plus* 50 secondes à évacuer son contenu sur la portion du lit bactérien qu'il doit desservir. On obtient ainsi des alternances parfaitement régulières de mouillage et d'aération des scories, et l'expérience nous a montré qu'il fallait donner aux périodes d'aération une durée minima dix fois plus longue qu'aux périodes de mouillage. L'eau trouve alors le temps de s'infiltrer dans toute la masse des scories, entraînant avec elle une grande quantité d'air indispensable à l'accomplissement des fonctions des microbes nitrificateurs.

Le lit bactérien desservi par les six réservoirs à siphons *Geneste-Herscher* a 400 mètres de superficie sur 1^{m},58 de hauteur. Il est supporté par trois murs ajourés, le quatrième côté étant constitué par le mur plein qui supporte le canal d'amenée et les nochères de distribution.

Les détails de construction de ce lit ont été déjà décrits page 6 de notre volume II : nous n'y reviendrons pas. On trouvera dans le même volume II, page 7, représenté en coupe, un siphon *Geneste-Herscher*.

Les nouveaux lits à percolation que nous avons construits sur l'emplacement de nos anciens lits de contact ont 290 mètrès carrés de surface, 27^{m},08 de longueur, 10 mètres de largeur à la surface, 11 mètres au fond et 1^{m},50 de hauteur disposée sur 1 mètre en talus.

La construction de ces lits a été effectuée avec un soin tout particulier, grâce à l'obligeant concours de *M. Saunier*, conducteur des ponts et chaussées, qui nous prête avec le plus grand dévouement sa collaboration incessante. Nous sommes heureux de saisir l'occasion qui s'offre à nous de l'en remercier.

Au lieu d'employer des scories seules, nous avons préféré utiliser ici, sauf pour la surface et pour le fond, un mélange de 3/4 de scories criblées à plus de 1 centimètre et de 1/4 de calcaire

tendre (pierre à chaux) en morceaux de 3 à 6 centimètres. L'expérience nous avait montré que la nitrification s'effectue ainsi beaucoup mieux.

Ces nouveaux lits sont exclusivement desservis par quatre réservoirs en ciment armé L, M, N, O de 1000 litres de capacité, pourvus des siphons *Parenty* que nous avons décrits d'a-

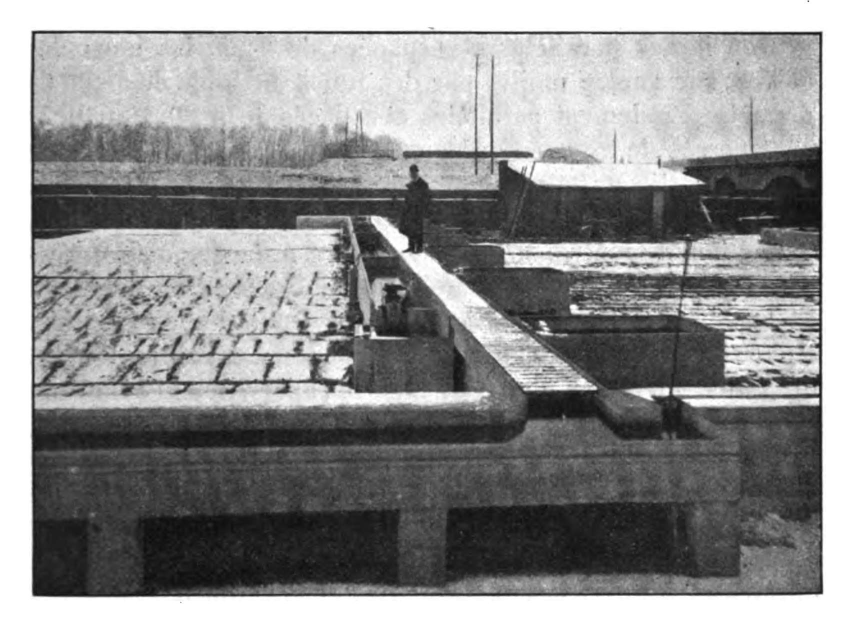


Fig. 3. — Lits percolateurs et réservoirs de chasse de la Madeleine[1].

près les notes fournies par l'inventeur lui-même, page 275 du volume II.

Chacun des quatre réservoirs possède un compteur permettant le réglage exact du nombre de chasses fournies en vingt-quatre heures. Les siphons eux-mêmes peuvent être réglés de manière à évacuer seulement une tranche de hauteur voulue, en une minute.

L'effluent épuré s'écoule par les trois côtés du talus de scories; il est canalisé par deux rigoles cimentées R R dont l'une alimente continuellement par une série d'orifices grillagés un

[1] Cette photographie a été prise par temps de neige. Avec des froids dépassant — 12°, le fonctionnement de ces lits percolateurs est resté parfaitement régulier.

vaste réservoir à poissons de 12^m,50 de longueur sur 2^m,35 de largeur. Il traverse, en outre, deux bassins d'échantillonnage qui permettent de collecter séparément l'eau épurée par chacune des deux moitiés du lit, et celle-ci se rend finalement à la Basse-Deûle.

La distribution de l'eau à traiter sur ce nouveau lit est réalisée sur une moitié par des drains de 0^m,08 de diamètre, rangés en lignes parallèles et espacées de 0^m,50 les unes des autres; sur l'autre moitié par des tubes en fonte de 0^m,06 de diamètre, également parallèles et espacés de 0^m,80. Ces tubes sont percés de trous en quinconce qui assurent, par une série de jets verticaux et obliques de chaque côté, la répartition aussi égale que possible du liquide sur la surface des scories.

Le plan II montre, suivant la coupe *g h*, la disposition respective des bacs distributeurs à siphon *Geneste-Herscher* et du lit bactérien; suivant les coupes *i j k l* celle des réservoirs à siphons *Parenty*; enfin, suivant la coupe *m n*, l'ensemble des deux lits, ancien et nouveau, avec le canal d'amenée de l'eau à épurer λ μ, qui les alimente.

Nous jugeons inutile de reproduire ici la description des autres dispositifs expérimentaux destinés à certaines recherches spéciales, telles que le petit lit bactérien circulaire desservi actuellement par le *Fiddian* et le lit de 14 mètres carrés de surface pour les essais d'épuration par la tourbe.

Indiquons seulement que nous venons d'installer dans une cave couverte, creusée tout exprès en profondeur, un appareil de *Scott-Moncrieff* destiné à l'épreuve des différents matériaux que l'on peut utiliser pour construire les lits et à la détermination de la hauteur que l'on doit donner à ces lits suivant la nature et le volume des eaux à traiter dans chaque localité.

Notre prochain rapport exposera les résultats des expériences faites sur les eaux de *la Madeleine* avec cet appareil qui, dans la pensée de son inventeur, doit servir en quelque sorte d'instrument de mesure international, permettant de comparer, entre elles les données fournies par les diverses stations d'épuration.

CHAPITRE II

RÉSULTATS ANALYTIQUES DES EXPÉRIENCES DE LA MADELEINE EN 1907-1908

EAU D'ÉGOUT BRUTE. — EFFLUENT DES FOSSES SEPTIQUES. EFFLUENT DES LITS BACTÉRIENS A SIPHONS PERCOLATEURS.

Du 1er juillet 1907 au 30 juin 1908 nous avons continué à faire chaque jour les analyses sommaires portant sur :

a) *L'oxygène emprunté au permanganate en 4 heures*;
b) *L'oxygène emprunté au permanganate en 3 minutes, avant et après incubation à 30°* (pour les eaux épurées seulement), *indice de putrescibilité*;
c) *L'ammoniaque*;
d) *Les nitrates.*

En outre, en janvier, mars, mai et juin 1908, pendant une période de six jours pour chaque mois, nous avons procédé à des analyses plus complètes portant sur :

1° *Les matières organiques et minérales en suspension dans l'eau brute*;
2° *Les matières organiques en solution* (double dosage par le permanganate en solution acide et en solution alcaline);
3° *L'azote total*;
4° *L'ammoniaque libre ou saline*;
5° *L'azote organique*;
6° *Les nitrates*;

7° *Les nitrites* ;
8° *Le carbone organique, total et dissous* ;
9° *L'alcalinité*.

Les méthodes employées pour ces analyses ont été décrites en détail et commentées dans le premier supplément de ces « *Recherches* » (¹).

De juillet à décembre 1907 nous avons effectué simplement les analyses de contrôle de l'épuration.

De janvier à juin 1908 nous avons continué nos recherches sur le travail des fosses septiques. Les résultats et les considérations que nous pouvons en tirer sont exposés plus loin dans le chapitre III.

Nous avons estimé que deux années d'études comparées du travail d'épuration qui s'opère dans les lits bactériens de contact et de celui qui s'opère dans les lits bactériens à percolation étaient suffisantes et que nous étions fondés à supprimer définitivement nos lits de contact. Nous avons décidé la transformation de ceux-ci en lits bactériens à percolation analogues à ceux déjà existant, mais avec quelques modifications indiquées dans le précédent chapitre. Les résultats de ces dernières ne pourront être connus qu'ultérieurement.

Les quantités d'eau épurées ont été très variables, de 20 mètres cubes certains dimanches (temps sec), à plus de 400 mètres cubes en semaine. Ces variations énormes proviennent de ce que le système des égouts de *la Madeleine* est unitaire et de ce qu'ils reçoivent une grande quantité d'eaux résiduaires industrielles. Le régulateur, système *Parenty*, placé à l'arrivée des eaux, nous permettait de ne pas admettre sensiblement plus de 400 mètres cubes, mais livrait passage à tout volume inférieur. A ce sujet, nous ne saurions trop recommander aux ingénieurs chargés de construire des installations d'épuration de s'assurer que le volume maximum des eaux à traiter ne s'écarte pas trop du volume moyen prévu et de calculer les surfaces de lits bactériens en conséquence.

Pendant le premier semestre les eaux étaient reçues dans les deux fosses et l'effluent de l'une seulement, *ouverte*, était traité sur les lits bactériens à percolation.

(¹) Paris, Masson, éditeur, 1908.

Pendant le deuxième semestre (janvier à juin 1908), le volume des eaux a été réduit et reçu uniquement dans les deux fosses septiques *ouvertes*; l'effluent était déversé sur les lits bactériens à percolation.

L'an prochain nous serons en mesure d'épurer la totalité des eaux venant de l'égout de *la Madeleine*, quel que soit leur volume.

*
* *

Les analyses ont été effectuées comme les années précédentes en prélevant des échantillons moyens de 24 heures dans les bassins d'échantillonnage.

Le tableau I indique les résultats fournis par les analyses complètes de six périodes de six jours chacune.

Les autres tableaux et les graphiques ont été établis d'après les moyennes par semaine.

A. **Oxygène absorbé en 4 heures.** — Cette détermination très rapide permet de suivre journellement le travail d'épuration.

Les volumes d'eau traités ayant été le plus souvent supérieurs à ceux de l'année précédente, les résultats ont été aussi un peu plus élevés (*Tableau* II, *graphique* 1). De plus la pollution de l'eau brute a été de beaucoup plus intense que celle de 1906-1907 comme le montre la comparaison des moyennes pour 7 mois en 1906-1907 et pour 12 mois en 1907-1908.

	Eau brute.	Effluent des fosses septiques.	Effluent des lits bactériens à percolation.
1906-1907	29,3	26,5	5,0
1907-1908	48,6	45,0	7,2

D'après ces nombres le coefficient d'épuration obtenu est plus élevé que celui de l'année précédente : 83 *pour* 100 *en* 1906-1907; 86 *pour* 100 *en* 1907-1908.

*
* *

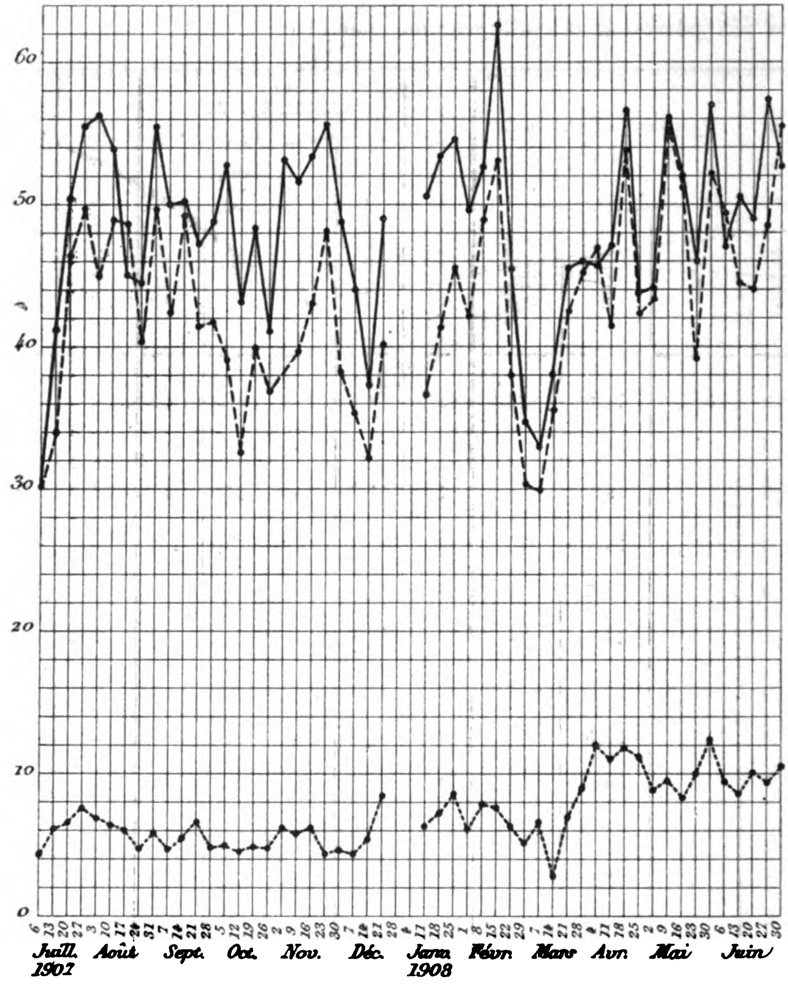
B. **Ammoniaque libre ou saline.** — L'augmentation de la quantité d'ammoniaque indique également une plus forte

TABLEAU I. — **Résultats analytiques fournis**

DATE DE LA PRISE	NATURE DE L'ÉCHANTILLON	VOLUME MOYEN EN MÈTRES CUBES PAR 24 HEURES	ALCALINITÉ EN CO^3Ca	MATIÈRES EN SUSPENSION		OXYGÈNE ABSORBÉ		
				ORGANIQUES	MINÉRALES	EN 3 MINUTES	EN 4 HEURES	APRÈS 7 JOURS D'INCUBATION A 30 DEGRÉS
Du 8 au 14 décembre 1907	Eau brute	467,0	»	408,0	625,0	»	37,4	»
	Effluent des fosses septiques	467,0	»	»	»	»	32,3	»
	Effluent des lits bactériens à siphons percolateurs	235,0	»	»	»	1,9	5,5	1,6
Du 16 au 22 février 1908	Eau brute	229,0	403	241,0	282,0	»	45,5	»
	Effluent de la fosse septique	229,0	393	»	»	»	37,9	»
	Effluent des lits bactériens à siphons percolateurs	224,0	282	»	»	2,4	6,4	2,2
Du 16 au 22 mars 1908	Eau brute	299,0	463	491,0	576,0	»	45,7	»
	Effluent des fosses septiques	299,0	473	»	»	»	42,4	»
	Effluent des lits bactériens à siphons percolateurs	293,0	355	»	»	2,7	7,0	2,7
Du 12 au 18 avril 1908	Eau brute	293,0	506	137,0	151,5	»	56,4	»
	Effluent des fosses septiques	293,0	520	»	»	»	53,8	»
	Effluent des lits bactériens à siphons percolateurs	287,0	430	»	»	4,1	11,8	3,3
Du 10 au 16 mai 1908	Eau brute	259,0	513	66,6	78,5	»	51,9	»
	Effluent des fosses septiques	259,0	487	»	»	»	51,3	»
	Effluent des lits bactériens à siphons percolateurs	219,0	375	»	»	2,8	8,3	2,7
Du 21 au 27 juin 1908	Eau brute	317,5	461	81,5	107,0	»	57,5	»
	Effluent des fosses septiques	317,5	475	»	»	»	48,4	»
	Effluent des lits bactériens à siphons percolateurs	269,0	347	»	»	3,0	9,8	2,8

pendant les six périodes (en milligrammes par litre).

MATIÈRES ORGANIQUES Dosage au permanganate en oxygène		CARBONE ORGANIQUE EN C			AMMONIAQUE EN AzH^3	AZOTE EN Az				NITRATES EN Az^2O^5	NITRITES EN Az^2O^3
							ORGANIQUE				
EN SOLUTION ACIDE	EN SOLUTION ALCALINE	TOTAL	DISSOUS	EN SUSPENSION		AMMONIACAL	TOTAL	DISSOUS	EN SUSPENSION		
103,3	60,0	365,6	78,9	286,7	15,0	12,3	22,5	8,9	13,6	»	»
67,3	47,0	»	64,1	»	16,3	13,4	»	3,8	»	»	»
11,4	9,3	»	9,7	»	1,6	1,3	»	2,5	»	34,0	1,1
102,0	71,0	177,6	58,2	119,4	18,4	15,1	15,6	11,1	4,5	»	»
89,5	53,0	»	51,7	»	22,1	18,1	»	9,1	»	»	»
11,4	9,1	»	15,0	»	0,7	0,6	»	2,9	»	40,0	traces
108,0	77,0	262,3	50,3	212,0	17,5	14,4	21,3	10,6	10,7	»	»
85,0	70,0	»	51,5	»	19,1	15,6	»	7,9	»	»	»
13,4	12,1	»	16,1	»	1,5	1,2	»	2,8	»	27,0	0,5
125,0	95,0	176,0	94,0	72,0	21,5	17,6	16,0	9,8	6,2	»	»
116,0	86,3	»	92,0	»	21,7	17,8	»	9,6	»	»	»
19,5	18,5	»	20,3	»	4,3	3,5	»	4,4	»	9,0	0,5
129,0	91,3	148,8	89,1	59,7	23,3	19,0	15,3	12,2	3,1	»	»
107,5	85,6	»	71,8	»	24,0	20,0	»	10,3	»	»	»
15,8	14,9	»	17,3	»	2,4	2,0	»	3,0	»	19,0	traces
100,0	87,6	140,1	80,2	59,9	22,0	18,0	11,3	7,6	3,7	»	»
94,3	74,7	»	85,6	»	18,7	15,3	»	9,6	»	»	»
17,2	16,0	»	17,0	»	1,6	1,3	»	4,2	»	13,4	traces



Graphique n° 1. — Oxygène absorbé en 4 heures.

——— Eau brute.
- - - - - - - - Effluent des fosses septiques.
. . . . Effluent des lits bactériens.

pollution qui ressort des chiffres comparés avec ceux de l'année précédente.

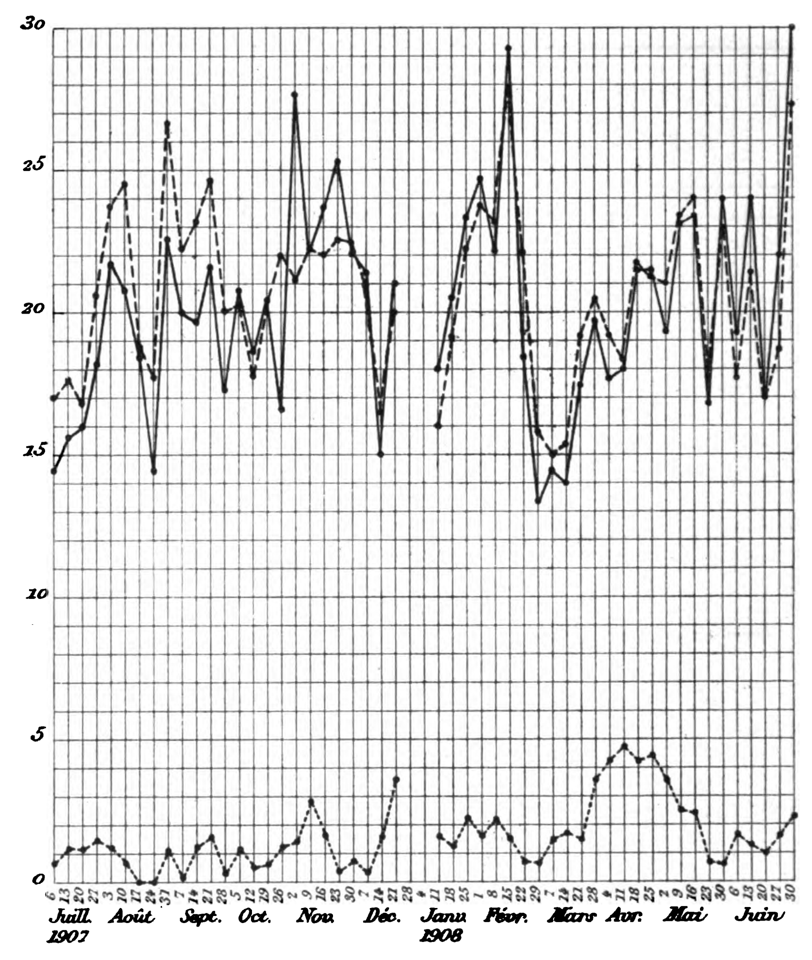
	Eau brute.	Effluent des fosses septiques.	Effluent des lits bactériens à percolation.
	—	—	—
1906-1907	12,6	13,1	1,2
1907-1908	20,2	20,6	1,6

Tableau II.

Oxygène absorbé en 4 heures.

DATES	EAU BRUTE	EFFLUENT des fosses septiques	EFFLUENT des lits bactériens
1er juillet. . au 6 juillet 1907	30,2	30,5	4,4
7 — 13 —	41,2	34	6,1
14 — 20 —	50,3	46,3	6,6
21 — 27 —	55,6	49,8	7,5
28 — 3 août	56,2	45,1	6,8
4 août . . . . 10 —	53,9	48,8	6,4
11 — 17	45,1	48,5	6,0
18 — 24	44,5	40,3	4,9
25 — 31 —	55,4	49,8	5,9
1er septembre. 7 septembre	50	42,4	4,8
8 — 14 —	50,1	49,3	5,7
15 — 21 —	47,3	41,5	6,7
22 — 28 —	48,7	41,6	4,9
29 — 5 octobre.	52,6	39,2	5,0
6 octobre. . . 12 —	43,2	32,6	4,8
13 — 19 —	48,1	39,9	4,9
20 — 26 —	41,0	36,9	5,0
27 — 2 novembre	55,1	38,3	6,1
3 novembre. . 9 —	51,6	39,8	5,9
10 — 16 —	53,2	42,9	6,0
17 — 23 —	55,7	48,1	4,5
24 — 30 —	48,8	38,3	4,6
1er décembre . 7 décembre	44	35,4	4,6
8 — 14 —	57,4	32,3	5,5
15 — 21 —	49,0	40,2	8,7
22 — 28 —	—	—	—
29 — 4 janvier 1908	—	—	—
5 janvier. . . 11 —	50,6	36,8	6,4
12 — 18 —	53,4	42,5	7,6
19 — 25 —	54,4	46,5	8,7
26 — 1er février	49,5	41,2	6,1
2 février . . . 8 —	52,5	48,9	7,9
9 — 15 —	62,3	53,1	7,7
16 — 22 —	45,5	37,9	6,4
23 — 29 —	34,7	30,3	5,2
1er mars. . . . 7 mars.	53	29,9	6,7
8 — 14 —	58	35,6	2,7
15 — 21 —	45,7	42,4	7
22 — 28 —	46	45,2	8,9
29 — 4 avril.	45,8	46,9	12
5 avril . . . . 11 —	46,9	41,5	11,1
12 — 18 —	56,4	53,8	11,8
19 — 25 —	45,8	42,4	11,2
26 — 2 mai	41,1	43,5	8,9
3 mai. . . . . 9 —	56,1	55,3	9,5
10 — 16 —	51,9	51,3	8,3
17 — 23 —	46,1	39,3	10,0
24 — 30 —	57,1	52,1	12,3
31 — 6 juin	46,9	49,4	9,5
7 juin. . . . . 13 —	50,4	44,4	8,7
14 — 20 —	48,8	44	10,1
21 — 27 —	57,5	48,4	9,3
28 — 30 —	52,7	55,5	10,3
Moyenne annuelle.	48,6	43,0	7,2

Malgré cette augmentation très importante de la quantité d'ammoniaque à nitrifier le coefficient d'épuration a été de



Graphique n° 2. — Ammoniaque libre ou saline (milligr. par litre).
——— Eau brute.
- - - - - - - - Effluent des fosses septiques.
. . . . Effluent des lits bactériens.

92 *pour* 100, contre 90-91 *pour* 100 *en* 1906-1907 (voir *tableau* III et *graphique* 2).

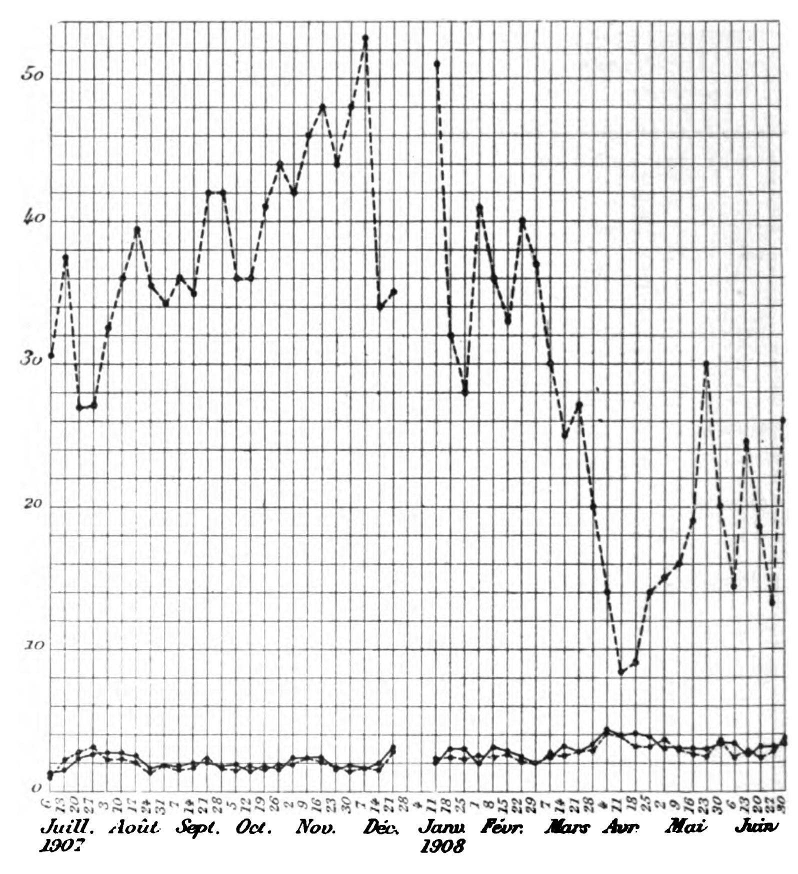
Oxygène emprunté en 3 minutes au permanganate avant et après incubation à l'étuve à 30° (*incubator-test*). — Comme le

TABLEAU III.

Ammoniaque libre ou saline en AzH^3.

DATES	EAU BRUTE	EFFLUENT des fosses septiques	EFFLUENT des lits bactériens
1er juillet. . au 6 juillet 1907	14,6	17	0,7
7 — 13 —	15,7	17,6	1,2
14 — 20 —	16,0	16,9	1,2
21 — 27 —	18,2	20,7	1,4
28 — 3 août	21,7	23,8	1,2
4 août . . . . 10 —	20,8	24,5	0,6
11 — 17 —	18,4	18,7	0
18 — 24 —	14,4	17,8	0
25 — 31 —	22,6	26,6	1,1
1er septembre. 7 septembre	20	22,3	0,1
8 — 14 —	19,7	23,1	1,2
15 — 21 —	21,6	24,6	1,6
22 — 28 —	17,4	20	0,3
29 — 5 octobre	20,8	20,4	1,1
6 octobre. . . 12 —	18,6	17,8	0,5
13 — 19 —	20,4	20,4	0,6
20 — 26 —	16,6	22,0	1,2
27 — 2 novembre	27,7	21,1	1,4
3 novembre. . 9 —	22,3	22,3	2,9
10 — 16 —	23,8	22	1,6
17 — 23 —	25,3	22,6	0,4
24 — 30 —	22	22,3	0,6
1er décembre . 7 décembre	21,4	21	0,3
8 — 14 —	15	16,3	1,6
15 — 21 —	21	20	3,6
22 — 28 —	—	—	—
29 — 4 janvier 1908	—	—	—
5 janvier. . . 11 —	18	16	1,6
12 — 18 —	20,5	19,1	1,3
19 — 25 —	23,3	22,3	2,2
26 — 1er février	24,7	23,8	1,6
2 février . . . 8 —	22,1	23,1	2,2
9 — 15 —	29,3	28	1,5
16 — 22 —	18,4	22,1	0,7
23 — 29 —	13,4	15,8	0,6
1er mars. . . . 7 mars	14,5	15	1,5
8 — 14 —	14	15,3	1,7
15 — 21 —	17,5	19,2	1,5
22 — 28 —	19,8	20,5	3,6
29 — 4 avril	17,7	19,1	4,3
5 avril . . . . 11 —	18	18,3	4,8
12 — 18 —	21,5	21,7	4,3
19 — 25 —	21,5	21,3	4,4
26 — 2 mai	19,4	21	3,6
3 mai. . . . . 9 —	23,1	23,3	2,5
10 — 16 —	23,3	24	2,4
17 — 23 —	16,8	17,6	0,6
24 — 30 —	24,0	23	0,6
31 — 6 juin	19,3	17,7	1,6
7 juin. . . . . 13 —	24	21,4	1,2
14 — 20 —	17	17	1,0
21 — 27 —	22	18,7	1,6
28 — 30 —	31	27,3	2,3
Moyenne annuelle	20,2	20,6	1,6

montrent le tableau IV et le graphique 3, pendant toute l'année aucun effluent n'a été putrescible; et si les résultats numériques sont un peu plus forts que ceux de l'an dernier,



Graphique n° 3. — Effluent des lits bactériens à siphons percolateurs.

————	Oxygène absorbé en 3 minutes avant incubation.
++++++++	— — après —
--------	Nitrates.

cela est dû à un résidu plus important de matière oxydable par le permanganate, puisque l'eau d'égout à épurer était beaucoup plus contaminée.

	Avant incubation.	Après incubation.
	—	—
1906-1907	1,67	1,58
1907-1908	2,5	2,3

TABLEAU IV.

Effluents des lits bactériens à siphons percolateurs.

DATES	OXYGÈNE ABSORBÉ EN 3 MINUTES		NITRATES	NITRITES
	avant l'incubation	après l'incubation		
1er juillet . . au 6 juillet 1907 . . .	1,2	1,0	30,6	1,2
7 — 13 — . . .	1,6	2,1	37,6	1,1
14 — 20 — . . .	2,5	2,5	27	1,0
21 — 27 — . . .	2,7	3,0	27,1	1,4
28 — 3 août	2,6	2,2	32,6	1,6
4 août . . . . 10 — . . .	2,5	2,2	36	1,5
11 — 17 — . . .	2,5	2,0	39,3	0,6
18 — 24 — . . .	1,7	1,3	35,4	0
25 — 31 — . . .	1,9	1,9	34,2	0,9
1er septembre. 7 septembre . . .	1,8	1,7	36	traces.
8 — 14 — . . .	2,1	1,9	35	—
16 — 21 — . . .	2,1	2,3	42	—
22 — 28 — . . .	1,8	1,7	42	—
29 — 5 octobre . . .	1,9	1,7	36	0
6 octobre. . . 12 — . . .	1,6	1,8	36	0
13 — 19 — . . .	1,8	1,7	41	0,2
20 — 26 — . . .	1,7	1,9	44	0,6
27 — 2 novembre . . .	2,2	2,0	42	traces.
3 novembre. . 9 — . . .	2,2	2,2	46	0,6
10 — 16 — . . .	2,2	2,1	48	0,6
17 — 23 — . . .	1,6	1,7	44	0
24 — 30 — . . .	1,8	1,6	48	0,5
1er décembre . 7 décembre . . .	1,6	1,7	33	traces.
8 — 14 — . . .	1,9	1,6	34	1,1
15 — 21 — . . .	2,8	2,7	35	1,4
22 — 28 — . . .	—	—	—	—
29 — 4 janvier 1908. . .	—	—	—	—
3 janvier. . . 11 — . . .	2,1	2,2	31	0
12 — 18 — . . .	2,9	2,4	32	0
19 — 25 — . . .	2,9	2,3	28	0
26 — 1er février.	2,1	2,5	41	traces.
2 février . . . 8 — . . .	3,1	2,4	36	—
9 — 15 — . . .	2,7	2,6	35	—
16 — 22 — . . .	2,4	2,2	40	—
23 — 29 — . . .	2,0	1,9	37	—
1er mars. . . . 7 mars.	2,5	2,4	30	0,5
8 — 14 — . . .	3,1	2,5	25	0,6
15 — 21 — . . .	2,7	2,7	27	0,5
22 — 28 — . . .	3,3	3,1	20	0,4
29 — 4 avril	4,2	4,1	14	0,7
5 avril . . . . 11 — . . .	4,0	3,9	8,5	0,6
12 — 18 — . . .	4,1	3,3	9	0,5
19 — 25 — . .	3,9	3,2	14	0,4
26 — 2 mai	3,1	3,7	15	0,5
3 mai. . . . . 9 — . . .	3,0	2,9	16	0,3
10 — 16 — . . .	2,8	2,7	19	traces.
17 — 23 — . . .	2,8	2,5	30	—
24 — 30 — . . .	3,4	3,6	20	—
31 — 6 juin	3,2	2,5	14,4	traces.
7 juin. . . . . 13 — . . .	2,6	2,7	24,6	traces.
14 — 20 — . . .	3,0	2,3	18,7	0,4
21 — 27 — . . .	3,0	2,8	13,4	traces.
28 — 30 — . . .	3,2	3,6	26	1,3
Moyenne annuelle	2,5	2,3	32,0	0,4

Pendant les 6 périodes d'analyses complètes nous avons dosé avant et après incubation les nitrates, nitrites et ammoniaque (*tableau* V).

Tableau V. — **Analyse des effluents des lits bactériens avant et après 7 jours d'incubation à 30°.**

PÉRIODES	OXYGÈNE ABSORBÉ EN 3 MINUTES		AMMONIAQUE		NITRATES		NITRITES	
	AVANT	APRÈS	AVANT	APRÈS	AVANT	APRÈS	AVANT	APRÈS
1907. — Du 8 au 14 décembre.	1,9	1,6	1,6	0,6	34,0	37.0	1.1	2,7
1908. — Du 16 au 22 février. . .	2,4	2,2	0,7	traces	40.0	52,0	traces	1,0
16 au 22 mars.	2,7	2.7	1,5	0.4	27,0	42,7	0,5	3,1
12 au 18 avril .	4.1	3,5	4,3	3,1	9,0	8,0	0,5	2,8
10 au 16 mai. .	2,8	2,7	2,4	1,8	19,0	24,3	traces	3,4
21 au 27 juin. .	3,0	2,8	1,6	1,4	13,4	9.5	traces	2 .,
Moyenne. .	2,8	2,5	2,0	1,2	23,7	27,6	0,45	2,6

L'ammoniaque est en diminution sensible : de 2 à 1,2. Elle continue à être oxydée pendant l'incubation à 30° par les ferments nitrificateurs. Cette oxydation est rendue plus sensible par l'augmentation des nitrates (de 23,7 à 27,6) et des nitrites de (0,45 à 2,6).

Pendant une seule période, — celle du 12 au 18 avril 1908, — les nitrates ont diminué de 1 milligramme; mais, par contre, les nitrites ont augmenté de 2^{mg},3 et l'ammoniaque a diminué de 1^{mg},2.

Cet exemple nous permet de rappeler ce fait que nous avions déjà signalé, à savoir que la proportion des nitrates est peu importante pourvu qu'il ne reste plus de matières organiques oxydables dans l'eau épurée. Les nitrates peuvent d'ailleurs, comme cela a été démontré, concourir eux-mêmes à la destruction de la matière organique.

D. **Nitrates** (*tableau* IV). — La production de nitrates a été très variable et, ce qui semble assez imprévu, on remarque dans le graphique 3 que c'est pendant la saison froide que la

nitrification est la plus intense. Les nitrates augmentent progressivement de juillet à janvier pour diminuer assez rapidement et présenter un minimum en avril. Il sera intéressant de voir l'an prochain si pareille chose se représente et si l'explication que l'on peut proposer est suffisamment exacte.

Nous pensons que les ferments nitrificateurs exercent facilement leur action même à basse température, tandis que les ferments dénitrifiants, qui tout compte fait concourent eux aussi à l'épuration, ne peuvent agir qu'à une température relativement élevée.

*
* *

E. **Nitrites** (*tableau* IV). — Les nitrites n'ont pas été représentés sous forme de graphique, car leur quantité est toujours faible. La formation de nitrites n'est pas dépendante de celle des nitrates et on verra par le tableau IV que, pendant certaines semaines, les nitrites et les nitrates ont été abondants, tandis que pendant d'autres semaines les nitrates ont diminué et les nitrites n'ont pas augmenté. Il y a certainement des circonstances favorables ou défavorables aux ferments nitreux ou aux ferments dénitrificateurs, qu'il est difficile de déterminer.

*
* *

F. **Oxygène dissous**. — Les effluents des lits bactériens ont toujours été saturés d'oxygène; c'est du reste ce qui explique en partie la formation de nitrates et de nitrites dans les eaux soumises à l'incubation.

*
* *

G. **Carbone organique**. — Nous avions montré l'an dernier que le carbone dissous diminue après le passage dans les fosses septiques. Ce phénomène s'est reproduit pendant la plupart des périodes d'analyses, sauf toutefois pour celle de mars où les quantités furent très voisines, et surtout pour celle de juin où il y eut une augmentation. Pour la généralité des cas, l'explication que nous avions donnée semble exacte. Comme nos dosages ont été effectués sur l'eau *décantée* et *non filtrée* et qu'il existe toujours dans les eaux brutes des matières

colloïdales qui fermentent ou se déposent dans la fosse septique, il doit y avoir un abaissement sensible du taux de carbone organique dans l'effluent de ces fosses. Quant à l'augmentation, elle peut provenir de certaines matières telles que les composés amylacés qui se dissolvent sous l'action des diastases microbiennes.

En prenant la moyenne des résultats obtenus pendant les six périodes, la proportion de carbone brûlé dans les lits est par rapport à :

L'eau brute	92,5 0/0
L'eau brute décantée	78,9 0/0
L'effluent des fosses septiques	77,3 0/0

H. **Azote organique.** — Nous avons constaté durant les cinq premières périodes d'analyses une perte d'azote organique pendant le séjour des eaux en fosse septique; c'est seulement lors de la dernière période qu'il y eut enrichissement très net. Par contre, sauf pour cette dernière période, la quantité d'ammoniaque a toujours été plus forte dans l'effluent des fosses septiques que dans l'eau brute.

La proportion d'azote organique disparu dans l'effluent des lits bactériens est par rapport à :

L'azote organique total de l'eau brute	80,6 0/0
— dissous de l'eau brute	67,9 0/0
— dissous de l'effluent des fosses septiques	60,7 0/0

I. **Matières organiques en solution. — Oxydabilité au permanganate.** — Nous avons, dans les précédents volumes, attiré l'attention sur la valeur très relative de ce dosage ; nous n'y reviendrons pas.

Comme nous l'avions signalé antérieurement, les titrages en liqueur alcaline donnent toujours des résultats plus faibles que ceux obtenus par les titrages en liqueur acide.

Pour les six périodes d'analyses complètes, la diminution de l'oxydabilité a été par rapport à

	En solution acide.	En solution alcaline.
L'eau brute	86,9 0/0	83,4 0/0
L'effluent des fosses septiques	80,5 0/0	80,9 0/0

Ces résultats sont très voisins de ceux de l'année précédente, surtout si l'on tient compte de l'augmentation de la pollution.

*
* *

K. **Alcalinité.** — La diminution de l'alcalinité des eaux après leur passage sur lits bactériens a déjà été remarquée. Nous avons voulu vérifier ce fait et nous avons effectué, pendant les cinq dernières périodes d'analyses de 1908, le dosage de l'alcalinité sur l'eau brute, sur l'effluent de la fosse septique et sur celui des lits bactériens. La moyenne des résultats (exprimée en carbonate de chaux) portés au tableau I donne :

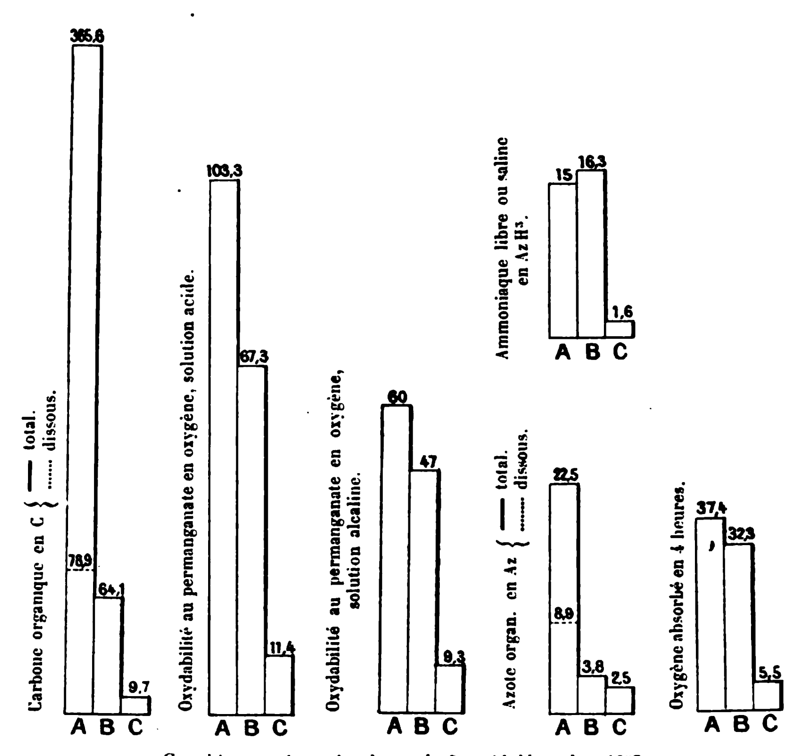
Eau brute	0gr,4692 par litre.
Effluent de la fosse septique	0gr,4696 —
— des lits bactériens	0gr,3578 —

Pendant trois périodes (mars, avril et juin) l'alcalinité s'est accrue par le passage dans la fosse septique, tandis que pendant les deux autres (février et mai) elle a diminué. Pour l'effluent des lits bactériens, la diminution a été constante et en moyenne de 23,8 pour 100.

Il semble donc qu'on puisse affirmer que, lorsqu'une épuration biologique est en bonne marche, l'alcalinité diminue dans l'effluent des lits bactériens.

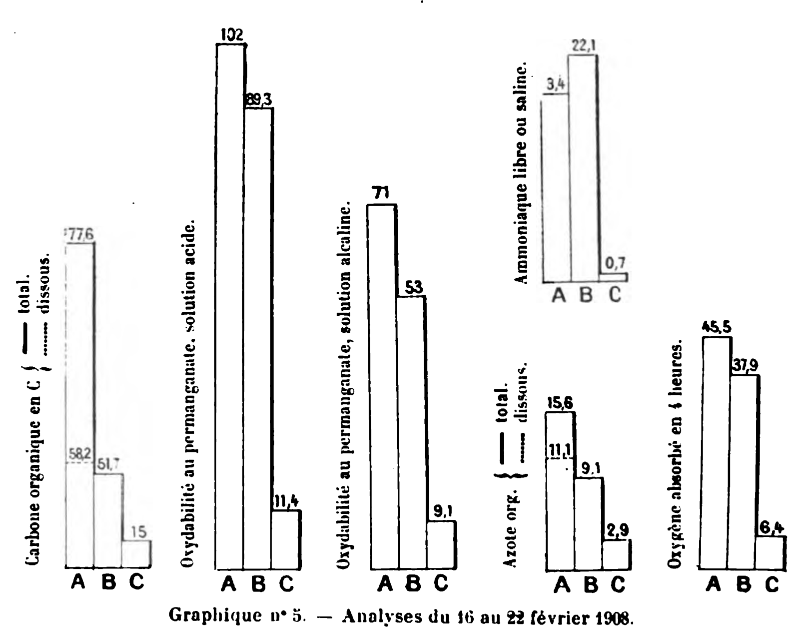
*
* *

Nous présentons ici, sous forme de graphiques (nos 4, 5, 6, 7, 8, 9 et 10) les résultats moyens fournis par les analyses complètes des six périodes de six jours et les résultats moyens fournis par les analyses quotidiennes de douze mois consécutifs de juillet 1907 à juin 1908.



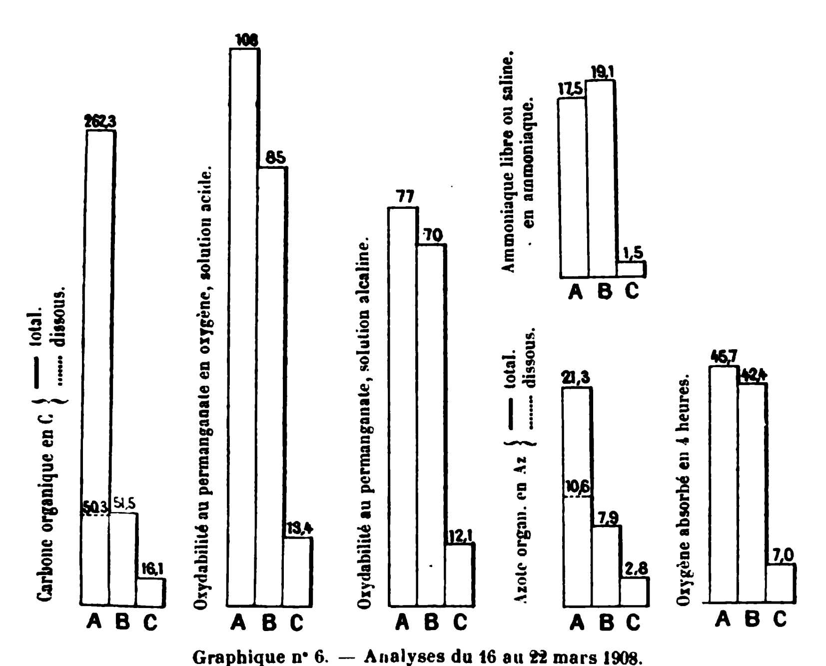
Graphique n° 4. — Analyses du 8 au 14 décembre 1907.

A. Eau brute. — B. Effluent des fosses septiques. — C. Effluent des lits bactériens.



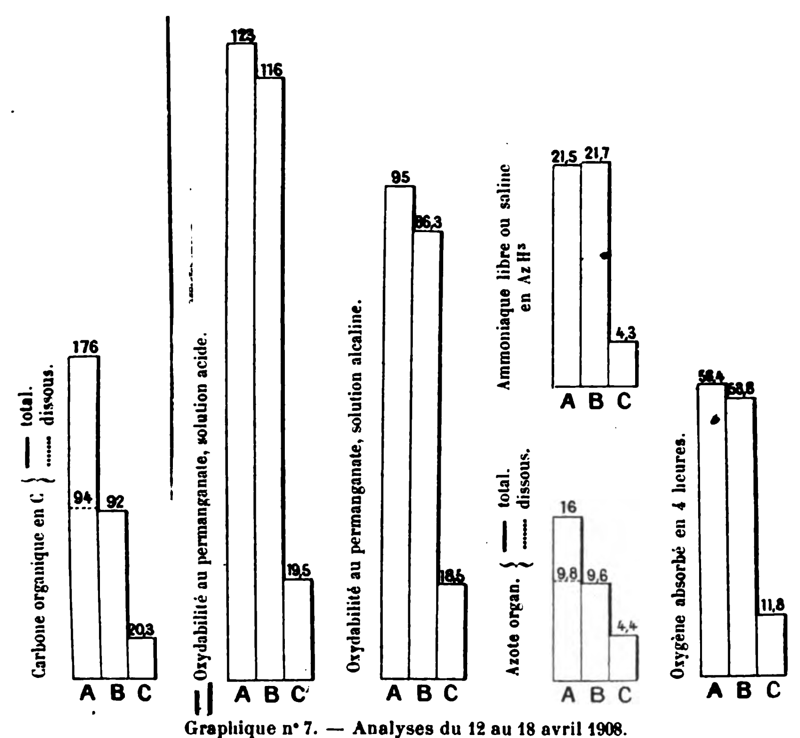
Graphique n° 5. — Analyses du 16 au 22 février 1908.

A Eau brute. — B. Effluent des fosses septiques. — C. Effluent des lits bactériens.



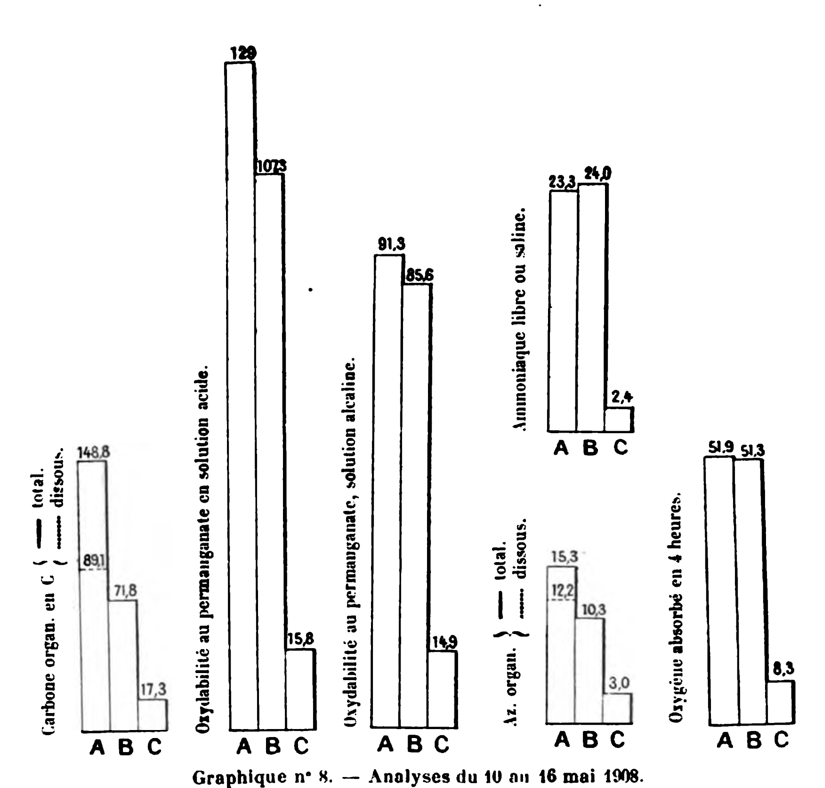
Graphique n° 6. — Analyses du 16 au 22 mars 1908.

A. Eau brute. — B. Effluent des fosses septiques. — C. Effluent des lits bactériens.



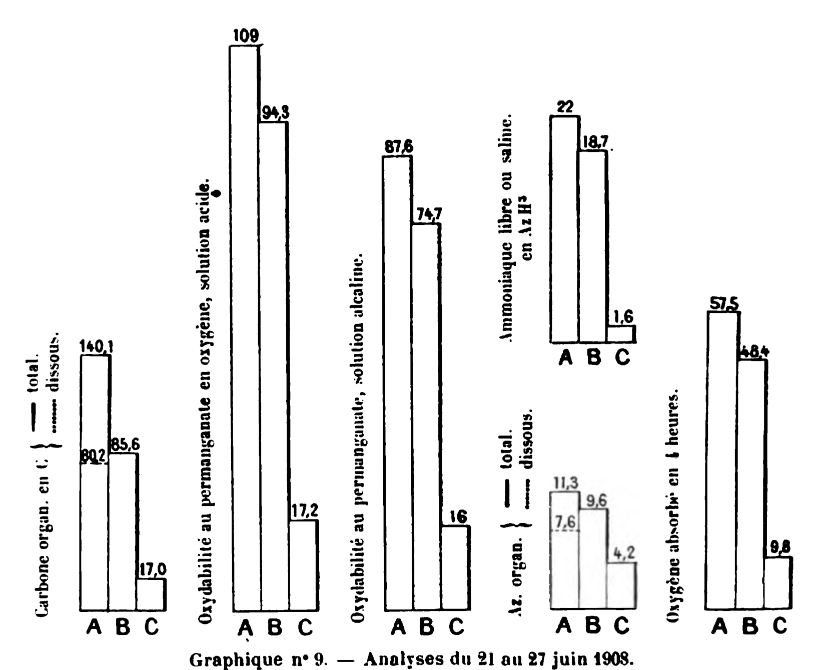
Graphique n° 7. — Analyses du 12 au 18 avril 1908.

A. Eau brute. — B. Effluent des fosses septiques. — C. Effluent des lits bactériens.



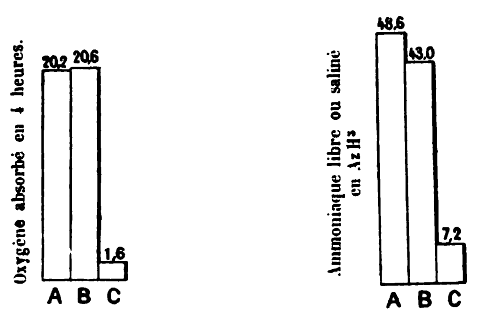
Graphique n° 8. — Analyses du 10 au 16 mai 1908.

A. Eau brute. — B. Effluent des fosses septiques. — C. Effluent des lits bactériens.



Graphique n° 9. — Analyses du 21 au 27 juin 1908.

A. Eau brute. — B. Effluent des fosses septiques. — C. Effluent des lits bactériens.



Graphique n° 10. — Moyennes des analyses quotidiennes de douze mois (juillet 1907 à juin 1908).

A. Eau brute. — B. Effluent des fosses septiques. — C. Effluent des lits bactériens.

CHAPITRE III

ROLE DES FOSSES SEPTIQUES (*septic tanks*) DANS L'ÉPURATION BIOLOGIQUE DES EAUX D'ÉGOUT

Le rôle que remplissent les fosses septiques dans l'épuration biologique des eaux d'égout est encore très discuté. Certains auteurs, particulièrement *P. Vincey* (1) et *S.-K Dzerszgowski* (2), estiment qu'elles se bornent à assurer une décantation convenable des matières organiques et minérales en suspension, et qu'elles ne font ainsi qu'éviter le trop rapide colmatage des lits bactériens. D'autres, plus nombreux (*Cameroun*, *G. Fowler*, *J. Watson*, *Dunbar*, *Thumm*, *W. Favre*) et parmi lesquels nous nous plaçons résolument, affirment que ces fosses sont le siège de réactions de désintégration des matières organiques, aboutissant à la dissolution ou à la gazéification d'une importante proportion de celles-ci.

Nous nous proposons d'établir, dans ce chapitre, l'existence et l'importance de ces réactions de désintégration.

Les expériences sur lesquelles *S.-K. Dzerszgowski* base son opinion contraire à la nôtre ont été exécutées à *Tsarskoé-Sélo*, sur les eaux d'égout provenant de la maison des gardiens du palais impérial, où habitent 300 personnes. La fosse septique de cette installation, construite d'après le type des *septic tanks* anglais, a une capacité de $40^{m^3},243$ sur $8^m,464$ de longueur, $2^m,406$ de largeur et $1^m,98$ de profondeur. Elle est munie de deux chicanes de surface et couverte d'une voûte en ciment armé.

Disons tout de suite que cette disposition est très défec-

(1) P. Vincey, *Bull. de la Soc. d'encouragement pour l'industrie nationale*, déc. 1907.

(2) Dzerszgowski, *Arch. des Sciences biologiques*, n° 1, Saint-Pétersbourg, 1907

tueuse, car dans une fosse d'aussi faibles dimensions les deux chicanes de surface, sans chicane de fond, obligent le courant à balayer constamment devant lui les matières fines qui tendent à se précipiter : elles empêchent ainsi leur dépôt de s'effectuer et les substances putrescibles échappent dès lors aux actions fermentatives, qui n'ont pas le temps de s'établir.

Pendant une première période de 308 jours, cette fosse a reçu 10400 mètres cubes d'eau d'égout et, au bout de ce temps, les boues du fond et celles de surface contenaient 710 kilogrammes de matières organiques et 286 kilogrammes de matières minérales. Elles occupaient 19,8 pour 100 de la capacité initiale.

En hiver, la température de l'eau oscillait entre +9 et +6 degrés; pendant l'été, elle atteignait, au maximum +11°,6.

La fosse recevait non seulement les matières de vidange et les eaux-vannes ménagères, mais encore les eaux résiduaires de buanderie. Or, c'est encore là une condition très défavorable au bon fonctionnement d'une fosse septique d'aussi faible capacité, à cause des apports très irréguliers des liquides fortement alcalins qui proviennent du lavage du linge et des perturbations que ces apports, souvent brusques, produisent dans les fermentations anaérobies.

Pendant une seconde période de 662 jours, le débit moyen journalier de la fosse fut de $39^{m^3},507$ litres. Il s'y déposa 1152 kilogrammes de matières organiques et 109 kilogrammes de matières minérales. Une partie de ces dernières provenaient de ce que l'on avait dû réparer la couverture en ciment et de ce qu'une partie des gravats était tombée dans le liquide.

Les analyses montrèrent :

1° Que chaque litre d'eau d'égout perd, en traversant la fosse, $28^{mg},87$ de matières organiques, $4^{mg},95$ d'azote organique, et s'enrichit de $4^{mg},30$ d'ammoniaque;

2° Que $134^{gr},4$ de matières organiques seulement, soit 0,014 pour 100, sont désintégrées à l'état gazeux dans la fosse, la totalité du surplus se retrouvant dans l'effluent.

Ces chiffres ne sauraient être discutés. Ils prouvent que la fosse de *Tsarskoé-Sélo* fonctionne dans des conditions défectueuses, mais ils ne justifient pas la conclusion générale qu'en tire *Dzerszgowsi*, à savoir que « la fosse septique ne fait subir

que des modifications peu notables aux matières polluant les eaux d'égout, et que son principal rôle est de séparer les particules organiques en suspension ».

Dans une fosse septique en bonne marche, convenablement et régulièrement alimentée, comme celle de la station expérimentale du professeur *Dunbar*, à *Hambourg*, *W. Favre*[1] a parfaitement démontré qu'au contraire les matières organiques y sont plus ou moins rapidement désintégrées suivant leur nature. Nous avons répété la plupart de ses expériences avec les mêmes résultats. En expérimentant séparément avec de l'albumine d'œuf coagulée, de la viande crue ou cuite, des graisses, du papier, etc..., placés dans des récipients en toile métallique et immergés, les uns dans la fosse septique, d'autres dans de l'eau d'égout stagnante, d'autres encore dans de l'eau courante, *W. Favre* a déterminé les pertes de poids que subissaient ces diverses substances en des temps variables et à la même température (16 à 17°).

Il a constaté ainsi qu'en six semaines 100 grammes d'albumine d'œuf cuite ne laissent plus qu'un gramme de résidu dans la fosse septique, tandis qu'il en restait 76 grammes dans l'eau d'égout stagnante et 83 grammes dans l'eau courante.

Déjà après trois semaines 75 pour 100 de l'albumine avait disparu.

La viande crue, et plus encore la viande cuite augmentent d'abord de poids par absorption d'eau. Elles se corrodent ensuite et se dissolvent. En trois semaines, dans la fosse septique, la viande crue perd 49 pour 100 de son poids; en six semaines 96 pour 100. Dans l'eau stagnante le changement d'état est beaucoup plus lent : la perte n'est que de 15 pour 100 en six semaines. Dans l'eau courante la désagrégation ne commence à s'effectuer qu'après 15 jours pour la viande crue, après trois semaines pour la viande cuite.

La chair de poisson, plus altérable, disparaît totalement en deux semaines. Les animaux entiers (pigeon) sont très énergiquement attaqués dans leurs parties albumineuses, mais la graisse de leur revêtement cutané les protège assez longtemps contre la putréfaction.

(1) W. Favre. *Gesundheits Ingenieur*, 1907.

D'une manière générale, les albuminoïdes, notamment les collagènes et la kératine, se dissolvent avec une grande rapidité. Même les substances qu'on pourrait croire très résistantes, comme les cartilages et les tendons, perdent en cinq semaines, les premiers 99 pour 100, les seconds 65 pour 100 de leur poids. La laine et les plumes se décomposent aussi : dans le même temps, la perte de poids fut de 50 pour 100.

Le cuir de bœuf tanné reste inaltéré. Les graisses sont particulièrement résistantes, mais elles finissent à la longue par se dédoubler partiellement en acides gras et en glycérine.

Les hydrates de carbone ou les corps riches en hydrates de carbone (choux, pommes de terre) se décomposent dans la fosse septique avec la plus grande facilité. Une demi-tête de chou cru pesant 675 grammes et une demi-tête de chou cuit pesant 835 grammes ont été à peu près entièrement dissous en six semaines (99 et 99,5 pour 100).

La cellulose (toile de lin, corde, papier) est également désintégrée. Une corde de chanvre, après cinq semaines de séjour en fosse septique, ne pouvait plus résister sans se rompre à un effort de traction de 15 grammes, tandis que d'autres morceaux de la même corde, restés le même temps dans l'eau d'égout stagnante ou dans l'eau courante, supportaient encore des poids de 12 kilogrammes.

Le papier de journal commence à se dissoudre après trois semaines en dégageant des bulles de gaz. Dans l'eau stagnante et dans l'eau courante il se ramollit, mais ne subit aucun changement appréciable.

Par contre, les bouchons de liège demeurent constamment intacts jusqu'après six semaines d'observation.

On voit donc que, dans les conditions favorables de température et de milieu, les fosses septiques désintègrent avec énergie une foule de substances, et les actions microbiennes qui s'y exercent sont évidemment plus puissantes sur de fines particules de matières organiques que sur les matières volumineuses expérimentées comme il a été dit ci-dessus.

Le retard considérable que subit la décomposition de ces mêmes matières dans l'eau stagnante est apparemment dû à l'accumulation excessive des sécrétions microbiennes qui ne tardent pas à gêner les actions diastasiques et la multiplica-

tion des microbes eux-mêmes. Dans l'eau courante, le retard encore plus marqué s'explique par ce fait que les microbes et surtout leurs sécrétions diastasiques n'ont pas le temps d'agir, étant constamment balayés et entraînés, sauf dans les surfaces anfractueuses où l'influence des courants se fait moins sentir.

Il ne faudrait évidemment pas tirer des expériences si démonstratives de *W. Favre* ni des nôtres cette conclusion que les fosses septiques finissent par dissoudre en totalité les matières putrescibles que leur apportent les eaux d'égout. Inévitablement, un certain nombre de substances organiques échappent à leur action. C'est ainsi que, comme l'ont montré *Kammahn*, *Grâf* et *Korn*, les feuilles de thé, les peaux de fruits cuits, le marc de café, le bois, restent à peu près inaltérés après deux mois de séjour.

D'autre part, toutes les matières aisément solubilisables ne se dissolvent pas avec assez de rapidité pour compenser l'importance des nouveaux apports. Ceux-ci finissent toujours par être en excès, de sorte que, pour éviter une trop grande diminution de la capacité volumétrique des fosses, il devient nécessaire d'évacuer de temps en temps une partie des boues qui s'y accumulent.

Les quantités de boues qu'on se trouve ainsi obligé d'enlever sont évidemment variables suivant la composition moyenne des eaux d'égout. Lorsque celles-ci contiennent une forte proportion de matières minérales (argile, par exemple), les dragages devront être plus fréquents. Ils seront en tout cas d'autant plus rares que les matières minérales seront moins abondantes et que l'apport moyen journalier des substances organiques putrescibles permettra aux fermentations de s'y accomplir avec plus de régularité.

Nous aurions voulu, dans nos expériences de la station expérimentale de *la Madeleine*, pouvoir montrer d'une façon précise la destinée des matières en suspension des eaux d'égout. Théoriquement, il eût dû suffire de déterminer chaque jour la quantité de matières déversées dans la fosse septique, puis, après un certain temps, extraire tous les dépôts boueux accumulés dans la fosse et les peser : la comparaison des nombres ainsi obtenus eût fourni la mesure du travail accompli dans les fosses. Pratiquement, cette expérience est impossible sur un

grand volume, comme celui sur lequel nous devions opérer (300 mètres cubes).

On peut obtenir assez facilement un échantillon moyen de l'eau brute si l'on ne considère que les matières dissoutes ; au contraire, pour les matières en suspension, il est extrêmement difficile de réaliser un mélange homogène dans le bassin d'échantillonnage avec des matières de densités aussi variables, et l'on ne saurait prétendre que les quelques litres, servant aux analyses, représentent réellement une moyenne journalière.

D'autre part, le dragage d'une fosse d'une contenance de 260 mètres cubes et ayant une superficie de près de 100 mètres carrés, demande le concours de plusieurs ouvriers pendant quelques jours. Suivant le moment et l'habileté de l'ouvrier, les boues extraites entraînent plus ou moins d'eau. Les échantillons, même prélevés en très grand nombre, varient donc considérablement de composition. On ne peut obtenir que des nombres approximatifs susceptibles, il est vrai, de nous renseigner utilement sur l'importance des dragages et sur l'étendue des espaces nécessaires pour l'égouttage des boues, mais ces chiffres ne peuvent en aucune manière être invoqués pour l'établissement d'un bilan du travail des fosses septiques.

Nous avons pensé que la comparaison de la composition des boues contenues dans les eaux brutes (boues fraîches) avec celles extraites de la fosse septique, présenterait un caractère plus scientifique, serait plus démonstrative et nous permettrait, en conséquence, de tirer quelques conclusions d'une exactitude plus satisfaisante.

A cet effet, nous avons recueilli chaque jour, du 8 janvier au 30 juin 1908, par décantation de l'eau brute, un échantillon moyen des boues entraînées par cette eau. Chacun de ces échantillons, séché à 110 degrés, a été conservé dans des flacons bien bouchés. Puis, le 1er juillet suivant, nous avons fait draguer celle de nos deux fosses septiques qui nous servait à l'expérience, et nous avons prélevé en même temps, méthodiquement, de l'entrée à la sortie de cette fosse, vingt-quatre échantillons de boues qui ont été également séchés à 110 degrés et placés dans des flacons bien bouchés.

Dans tous ces échantillons, on a dosé les matières volatiles au rouge, les matières fixes au rouge, l'azote, le carbone et les

matières grasses. Les méthodes de dosage utilisées sont celles que l'un de nous a décrites dans le 1er supplément au IIIe volume de nos *Recherches sur l'épuration des eaux d'égout*[1].

Ne pouvant rapporter ici tous les nombres obtenus, nous en résumons les résultats dans le tableau suivant, qui indique les moyennes, les minima et les maxima :

Composition centésimale des boues fraîches de la Madeleine

	Matières volatiles au rouge 0/0.	Matières fixes au rouge 0/0.	Azote 0/0.	Carbone 0/0.	Matières grasses 0/0.
Moyenne. . .	45,80	54,20	2,04	27,94	15,82
Minimum. . .	40.55	48,45	1,51	19,40	9.08
Maximum . .	51,55	59,45	2,54	36,62	20,30
Proportion 0/0 dans les matières volatiles, au rouge.			4,45	61,00	

Composition des boues de la fosse septique.

	Matières volatiles au rouge 0/0.	Matières fixes au rouge 0/0.	Azote 0/0.	Carbone 0/0.	Matières grasses 0/0.
Moyenne. . .	32,56	97,44	1,54	19,50	7,96
Minimum. . .	28,43	64,94	1,23	15,25	7,12
Maximum . .	35,06	71,57	1,56	21,30	8,80
Proportion 0/0 dans les matières volatiles, au rouge.			4,79	59,92	

On voit que la composition des boues est considérablement modifiée par leur séjour dans la fosse septique. Interprétons d'ailleurs quelques-uns de ces chiffres :

Matières volatiles au rouge. — On admet généralement que la détermination de ces matières indique, dans une certaine mesure, la proportion des substances organiques. Les calculs étant établis sur les mêmes matières sont, à tout le moins, comparables. On peut supposer, d'autre part, que la matière minérale des boues (fixe au rouge) n'a pas sensiblement changé.

Puisque 100 grammes de nos boues fraîches (à l'état sec) contenaient en moyenne 54,20 pour 100 de matières fixes au rouge, alors que 100 grammes de boues fermentées (à l'état sec), en contenaient 67,44, il en résulte que ces dernières proviennent de $\frac{67,44 \times 100}{54,20} = 124$ gr. 4 de boues fraîches. Les boues fermentées ont donc subi une perte de poids de 124 gr. 4 (boues fraîches) — 100 grammes (boues fermentées) = 24 g. 4 ou 19,61 pour 100 ; c'est-à-dire que les boues ont perdu, pendant

(1) Masson, éditeur, 1908.

leur séjour dans la fosse, environ 20 pour 100 de leur poids, ou 42,81 pour 100 de leur matière organique[1].

Azote et carbone. — Le séjour des boues en fosse septique fait tomber de 34,81 pour 100 la proportion d'azote, et de 30,21 pour 100 celle du carbone.

Mais, dans les matières volatiles au rouge, le taux pour 100 d'azote et de carbone avant et après séjour en fosse septique varie peu ; il semble donc que la matière organique qui échappe aux actions de fermentation est d'une composition analogue à celle qui a disparu, et on peut supposer qu'avec le temps le taux de matières organiques fermentées augmenterait encore.

Matières grasses. — Nous avons vu plus haut que les matières grasses sont très résistantes aux actions microbiennes. Cela est surtout vrai lorsque ces matières sont artificiellement immergées dans le liquide des fosses septiques. Par contre, lorsqu'elles peuvent flotter à la surface et s'oxyder au contact de l'air, elles disparaissent en grande partie. D'après nos analyses, leur taux a diminué de 42,41 pour 100.

Gaz des fosses septiques.

Outre les phénomènes de dissolution dont on ne peut nier l'existence, il est facile de constater qu'une fosse septique en bonne marche est toujours le siège de dégagements gazeux, attestant que la matière organique y subit une désintégration plus ou moins complète. Certains de ces gaz, en particulier l'acide carbonique et l'hydrogène sulfuré se dissolvent en fortes proportions dans le liquide de la fosse. Ce qui ne peut y être dissous se dégage dans l'atmosphère, et les bouillonnements que l'on perçoit à la surface sont, en général, intermittents et ressemblent à ceux produits par une forte ébullition : aussi les volumes de gaz dégagés par jour, mesurés à un endroit déterminé, sont-ils très variables. La seule explication possible de ces variations est que, dans la profondeur de la

(1) En admettant que la perte au rouge représente les matières organiques, on ne tient pas compte de la décomposition de certains composés minéraux, tels que les carbonates. Cette cause d'erreur est plus importante pour les boues de la fosse septique qui contiennent davantage de matière minérale que les boues fraîches. On doit donc considérer les nombres calculés ci-dessus comme des minima.



fosse, les gaz s'accumulent sous des amas de boues et y forment des poches qui ne se crèvent que lorsque leur tension est suffisante pour vaincre la pression du liquide sus-jacent. On ne peut y faire intervenir d'autres causes comme le montrent les courbes réunies ci-après.

Pendant une période assez longue, du 10 février au 24 mai 1908, nous avons maintenu, immergée à l'entrée de la fosse septique ouverte, une cloche cylindrique de 1 mètre carré de surface et de 1 mètre de hauteur, à la partie supérieure de laquelle était disposé un robinet communiquant avec un compteur au moyen d'un tube en caoutchouc. Les indications étaient relevées chaque jour. Elles nous permettaient de calculer en litres les volumes de gaz dégagés par mètre carré de surface liquide.

Nous avons relevé dans le tableau VI les indications données par le compteur. Dans une 2e colonne sont rapportés les volumes d'eau passant chaque jour dans la fosse septique. Les autres volumes donnent la hauteur des pluies tombées, en millimètres, la pression barométrique en millimètres de mercure et les températures maxima et minima.

Tous ces chiffres nous ont permis d'établir les courbes réunies dans le graphique n° 11.

De l'examen de ces courbes nous ne pouvons tirer qu'une seule conclusion qui vient à l'appui de l'explication que nous donnions plus haut : c'est que, plus le volume d'eau qui passe dans la fosse septique est grand, plus important est le dégagement des gaz, au moins dans une certaine mesure. Il est à remarquer que les dimanches, jours où arrivent de faibles volumes d'eau, le dégagement est en général moins abondant que les autres jours. On comprend facilement que, par l'agitation du liquide, les gaz se dégagent plus aisément que dans une eau tranquille, surtout dans une fosse où l'eau doit alternativement passer au fond et à la surface du liquide.

Les dégagements de gaz ne semblent pas influencés par les pluies, la pression barométrique et la température. On peut cependant noter que les gaz se dégagent un peu plus abondamment en été qu'en hiver, ce qui s'explique facilement par l'activité plus grande des fermentations. Cette constatation ne peut se faire que si l'on examine le dégagement des gaz dans les diverses parties de la fosse septique (voir *tableau* VII).

Tableau VI. — **Gaz des fosses septiques.**

DATES	LITRES DE GAZ DÉGAGÉS PAR MÈTRE CARRÉ ET PAR JOUR	MÈTRES CUBES D'EAU PASSANT PAR LA FOSSE SEPTIQUE PAR JOUR	PLUIE EN MILLIMÈTRES	PRESSION BAROMÉTRIQUE	TEMPÉRATURE	
					MINIMA	MAXIMA
10 février 1908. . .	235	245	"	779	3,5	7,0
11 — . . .	281	271	0,2	781	—0,2	6,5
12 — . . .	329	250	"	779	—1,0	5,0
13 — . . .	330	231	"	774	0	10,0
14 — . . .	357	238	0,4	774	1,3	10,5
15 — . . .	293	231	"	771	3,8	9,8
16 — . . .	494	108	2,0	771	2,5	10,0
17 — . . .	170	275	2,7	767	2,8	8,6
18 — . . .	188	265	9,5	757	3,2	10,0
19 — . . .	193	231	5,5	762	2,5	9,5
20 — . . .	225	240	2,4	764	4,2	8,5
21 — . . .	342	219	2,6	765	6,4	11,2
22 — . . .	260	240	"	763	5,3	11,0
23 — . . .	197	171	1,7	761	6,0	10,0
24 — . . .	240	314	1,2	758,5	1,5	10,0
25 — . . .	238	290	7,8	761	3,0	6,5
26 — . . .	165	323	5,8	765,5	1,5	8,0
27 — . . .	195	261	4,6	761	3,3	8,3
28 — . . .	182	252	0,1	752	3,0	9,5
29 — . . .	288	279	7,1	748	—0,5	6,5
1er mars 1908 . . .	170	286	3,4	751,5	1,0	5,0
2 — . . .	268	240	0,7	758,5	—0,8	6,5
3 — . . .	232	363	0,8	760	—0,5	6,0
4 — . . .	258	357	1,0	759,5	1,5	5,0
5 — . . .	392	329	2,1	765	0	6,5
6 — . . .	442	352	1,5	756	1,5	8,5
7 — . . .	280	345	6,0	761	4,2	8,5
8 — . . .	183	288	0,3	763	3,2	8,6
9 — . . .	185	414	1,4	755,5	6,1	10,8
10 — . . .	272	341	4,8	751,5	2,0	12,2
11 — . . .	285	341	1,5	756	4,5	9,0
12 — . . .	2[illegible]4	411	2,5	765	0,5	7,5
13 — . . .	219	289	2,6	767,5	0,2	8,0
14 — . . .	224	300	2,3	770	1,0	7,0
15 — . . .	207	142	"	770	—1,4	6,2
16 — . . .	184	288	"	768	—1,5	6,0
17 — . . .	232	302	"	764	1,0	8,5
18 — . . .	242	310	1,7	762,5	2,0	8,5
19 — . . .	291	290	0,3	762,5	—0,2	9,0
20 — . . .	290	275	"	763	—2,0	4,5
21 — . . .	195	310	"	765	1,2	7,0
22 — . . .	189	124	"	762	—1,0	9,0
23 — . . .	212	300	0,4	765	—0,6	11,0
24 — . . .	270	311	"	760	1,2	14,3
25 — . . .	197	150	"	767	0	12,5
26 — . . .	213	347	5,6	767	4,0	13,2
27 — . . .	343	298	3,2	760	3,2	6,0
28 — . . .	273	303	"	769	3,1	12,5
29 — . . .	227	157	2,8	770	1,4	8,5
30 — . . .	189	315	3,1	765	5,5	13,0
31 — . . .	677	335	2,1	761	5,4	13,0

DATES	LITRES DE GAZ DÉGAGÉS PAR MÈTRE CARRÉ ET PAR JOUR	MÈTRES CUBES D'EAU PASSANT PAR LA FOSSE SEPTIQUE PAR JOUR	PLUIE EN MILLIMÈTRES	PRESSION BAROMÉTRIQUE	TEMPÉRATURE	
					MINIMA	MAXIMA
1er avril 1908 . . .	359	306	»	764	2,4	12,0
2 — . . .	361	321	»	766	3,5	12,0
3 — . . .	363	315	0,2	765	7,4	13,4
4 — . . .	254	348	»	764	5,0	14,0
5 — . . .	149	245	4,4	763	1,5	13,0
6 — . . .	307	300	2,5	769	3,8	12,5
7 — . . .	246	304	»	769	3,0	10,0
8 — . . .	392	317	»	768	3,5	13,0
9 — . . .	305	330	»	767	2,0	14,5
10 — . . .	225	325	»	765	6,1	14,2
11 — . . .	256	342	»	764	4,0	14,5
12 — . . .	117	118	»	765	3,0	13,8
13 — . . .	204	282	»	769	4,0	13,0
14 — . . .	260	348	»	767	4,0	9,5
15 — . . .	339	341	»	767	1,0	11,0
16 — . . .	308	342	»	768	2,0	14,0
17 — . . .	311	328	»	767	4,0	18,5
18 — . . .	238	341	0,3	762	4,0	15,2
19 — . . .	77	321	3,6	756	—0,5	12,0
20 — . . .	148	118	2,3	758	—1,0	11,5
21 — . . .	145	365	»	760	—1,0	9,5
22 — . . .	270	513	»	759	4,0	8,9
23 — . . .	221	533	»	756	4,0	11,5
24 — . . .	244	324	1,5	752	4,5	14,0
25 — . . .	263	385	»	754	—1,2	12,0
26 — . . .	190	184	5,8	758	3,5	11,0
27 — . . .	263	383	2,2	760	5,2	9,5
28 — . . .	262	395	1,7	759	6,0	12,0
29 — . . .	167	315	13,5	765	7,2	13,5
30 — . . .	266	372	15,8	770	6,5	15,8
1er mai 1908. . . .	287	394	1,8	769	10,0	17,0
2 —	167	254	»	768	11,5	24,0
2 —	213	114	»	765	12,5	22,5
4 —	253	262	»	760	12,0	22,0
5 —	377	349	»	757	10,5	21,5
6 —	313	309	2,6	756	10,0	20,0
7 —	265	336	5,5	762	8,5	18,5
8 —	235	»	1,2	765	10,0	17,0
9 —	234	330	»	762	12,5	18,5
10 —	111	107	»	765	8,5	16,0
11 —	76	262	»	763	10,0	18,5
12 —	272	219	2,1	760	8,5	20,5
13 —	277	368	0,1	760	8,0	17,0
14 —	278	361	»	760	6,0	18,0
15 —	161	235	0,3	762	9,0	18,5
16 —	261	259	5,0	770	9,3	18,5
17 —	104	»	»	775	8,5	18,0
18 —	163	265	»	777	8,0	18,8
19 —	251	307	»	773	9,0	24,5
20 —	228	341	»	771	12,5	25,5
21 —	277	356	1,6	764	12,5	22,5
22 —	276	271	6,0	764	8,5	28,5
23 —	210	271	1,5	766	4,5	14,0
24 —	142	80	0,8	766	7,0	17,0

Le volume des gaz dégagés par 24 heures diminue rapidement de l'entrée à la sortie de la fosse septique, comme le montrent les expériences suivantes :

Nous avons placé successivement notre cloche dans chaque compartiment de la fosse septique (compartiments limités par les chicanes de surface et par les planches placées pour retenir les écumes). Pendant une semaine nous notions les volumes de gaz dégagés puis nous transportions la cloche dans le compartiment voisin. Cette expérience a été faite d'abord pendant la saison froide (novembre-décembre) puis pendant la saison chaude (mai-juin). Les moyennes sont rapportées dans le tableau VII Connaissant la surface de chaque compartiment, nous avons calculé le volume de gaz dégagé par compartiment d'abord, puis par la fosse entière.

Les volumes varient, par mètre carré et par jour, de 210 *litres* à l'entrée des eaux dans la fosse, à 40 *litres* seulement près de la sortie. La moyenne journalière, par toute la fosse de 100 mètres carrés de superficie et de 260 mètres cubes de capacité, était de 11 *mètres cubes* 137 *litres.*

TABLEAU VII. — **Volumes des gaz dégagés par la fosse septique.**

COMPARTIMENT		LITRES DE GAZ DÉGAGÉS EN 24 HEURES PAR MÈTRE CARRÉ			MÈTRES CUBES DE GAZ DÉGAGÉS EN 24 HEURES POUR TOUTE LA FOSSE
NUMÉROS	SURFACE	NOVEMBRE ET DÉCEMBRE 1907	MAI ET JUIN 1908	MOYENNE	
1 et 2	$14^{m^2},25$	200	221	210	2,993
3	11,25	171	169	170	1,913
4	11,25	181	126	153	1,721
5	11,25	127	102	115	1,294
6	12,00	58	112	85	1,020
7	12,00	64	92	78	0,936
8	12,00	40	71	55	0,660
9 et 10	15,00	28	52	40	0.600
Total.					11,137

Le volume total, du 8 janvier au 30 juin 1908, a donc été de 1938 *mètres cubes*, soit en chiffres ronds 2000 *mètres cubes pour six mois.*

La composition de ces gaz est également très variable,

comme le montre le tableau ci-après, qui résume un grand nombre d'analyses :

	Acide carbonique.	Méthane.	Hydrogène.	Azote.
Moyenne 0/0 . .	4,5	47,8	22,9	24,8
Minimum — . .	3	37,5	16,2	10,5
Maximum — . .	6,6	59,3	32,8	32,3

Il n'y a de différences bien nettes dans la composition des gaz dans les différents compartiments qu'entre les premiers et les derniers, comme le montrent les moyennes suivantes :

	Acide carbonique.	Méthane.	Hydrogène.	Azote.
2e compartiment.	3,9	51,1	24,3	20,6
3e —	5,2	43,5	24,6	26,7
8e —	6,3	38,0	27,0	28,6

Les gaz dégagés dans les derniers compartiments contiennent une moins grande proportion de méthane et, par contre, tous les autres gaz sont plus abondants. Il est probable que les boues qui se sont déposées à l'extrémité de la fosse sont de nature différente de celles qui se sont accumulées à l'entrée, et que, par suite, les gaz que les fermentations peuvent produire varient de composition. Il faut aussi noter que le liquide des fosses, ayant déjà dissous beaucoup d'acide carbonique, ne peut alors plus en dissoudre et une plus grande quantité de ce gaz se dégage dans l'atmosphère.

Aux gaz dont nous avons rapporté les proportions dans le mélange dégagé, il faut ajouter de petites quantités d'hydrogène sulfuré (maximum 4 pour 1000) de mercaptan et d'autres gaz odorants. Nous avons recherché si ces gaz entraînaient de l'ammoniaque et nous n'en avons trouvé que moins de 1 milligramme dans 1200 litres de gaz.

*
* *

On peut calculer approximativement la proportion de matière organique qui a été désintégrée et gazéifiée dans une fosse septique, en utilisant pour ce calcul les formules hypothétiques suivantes :

1° *Pour l'albumine :*

$$\underset{\text{Albumine}}{4C^8H^{13}Az^2O^3} + \underset{\text{Eau}}{14H^2O} = \underset{\text{Azote}}{4Az^2} + \underset{\text{Méthane}}{19CH^4} + \underset{\text{Ac. carbonique}}{13CO^2} + \underset{\text{Hydrogène}}{4H}$$

D'après cette formule, 1 litre de méthane est produit par 1gr,7 d'albumine.

2° *Pour la cellulose :*

$$\underset{\text{Cellulose}}{C^{12}H^{20}O^{10}} + \underset{\text{Eau}}{2H^2O} = \underset{\text{Méthane}}{6CH^4} + \underset{\text{Ac. carbonique}}{6CO^2}$$

D'après cette formule, 1 litre de méthane est produit par 2gr,44 de cellulose.

Partant de ces données, nous pouvons estimer le poids de matière organique gazéifiée dans notre fosse.

Les 2000 mètres cubes de gaz dégagés pendant la période d'expérience contiennent 47,8 pour 100 de méthane ou 956 mètres cubes, provenant, soit de

$$956 \times 1.7 = 1.625 \text{ kil. } 2 \text{ d'albumine,}$$

soit de

$$956 \times 2,44 = 2.332 \text{ kil. } 6 \text{ de cellulose.}$$

Ces nombres (assurément inférieurs à la réalité puisqu'il n'est tenu compte ni des pertes, ni des gaz dissous, ni des désintégrations gazeuses qui ne forment pas de méthane, mais seulement de l'acide carbonique ou de l'hydrogène) montrent assez clairement que les actions de désintégration en fosse septique ont une importance considérable.

Nous ne saurions donc en aucune manière souscrire aux conclusions de *Dzerszgowski* citées au commencement de ce chapitre, non plus qu'à celles de *M. Vincey*, lorsqu'il déclare que *les fosses septiques paraissent surtout travailler mécaniquement à la manière de simples bassins de décantation.*

Il est incontestable que *la fermentation septique permet de dissoudre une grande partie* (*de* 30 *à* 50 *pour* 100) *des matières organiques charriées en état de suspension par les eaux d'égout.*

L'expérience montre, en outre, que celles de ces matières qui restent inattaquées sont difficilement putrescibles; il en résulte que les boues des fosses septiques sont extraordinairement inoffensives pour l'odorat: que leur faible altérabilité facilite leur manutention; qu'enfin on peut, sans inconvénient, tolérer leur déversement intermittent dans les fleuves ou les cours d'eau à grand débit.

CHAPITRE IV

LES MATIÈRES ORGANIQUES COLLOÏDALES DES EAUX D'ÉGOUT

Lorsqu'en 1890 *Hiram Mills*, en publiant le résultat de ses expériences de filtration des eaux d'égout sur le sable ou le gravier, montra que, lorsque l'eau s'écoule lentement en couche très mince au large contact de l'air sur la surface du gravier, 97 pour 100 des matières organiques azotées, dont une très grande part pouvait être oxydée, était retenue, il considérait ces matières organiques comme étant en solution. Cependant, depuis ces expériences mémorables, il a été remarqué que, dans certains cas, il pouvait s'accumuler dans les filtres, que nous appelons *lits bactériens*, une quantité de matière organique telle que le travail microbien est impuissant à tout désorganiser, et il s'ensuit un colmatage de la surface des lits auquel on doit remédier. Ces matières difficilement oxydables ont été analysées par *Clark* qui a montré qu'elles contenaient peu d'azote et qu'elles étaient plutôt des matières carbonées analogues à la cellulose.

Les matières organiques se présentent dans les eaux d'égout sous trois états : soit à l'état *solide*, soit en *solution*, soit à l'état *colloïdal*.

Les divers traitements que l'on fait subir aux eaux d'égout pour les épurer permettent d'en éliminer d'une façon plus ou moins complète les *matières en suspension* par décantation ; les *matières colloïdales* sont, pour la plupart, entraînées par précipitation lente ; les *matières solubles* doivent être oxydées par le *travail microbien*.

Après que *G. Fowler* eût observé que l'effluent des fosses septiques de *Manchester* contenait des composés de fer en

solution colloïdale, *Biltz* et *Kröhnke* montrèrent que les matières organiques se trouvent dans les eaux d'égout principalement à l'état colloïdal, car si l'on soumet ces eaux à la dialyse, une petite partie seulement des matières organiques peut dialyser. *Fowler* et *Ardern* ont aussi montré que 60 pour 100 des matières oxydables des eaux d'égout de *Manchester* étaient à l'état colloïdal. Cette proportion est augmentée dans les eaux purement domestiques.

On peut du reste se rendre compte de la présence de ces matières colloïdales dans les eaux d'égout par la simple filtration sur papier. Une filtration rapide donne un liquide aussi trouble et opalescent que l'eau originelle, mais au bout de peu de temps la filtration se ralentit et lorsque l'eau ne filtre plus que goutte à goutte, le liquide recueilli est limpide et transparent. Si on pratique les analyses du liquide qui s'écoule à différents moments, comme l'ont fait *Fowler* et *Ardern*, on trouve des résultats très différents. Lorsque le liquide est limpide, les matières colloïdales *sont restées sur le filtre.*

La détermination des matières colloïdales a été faite par la dialyse. *Fowler* et *Ardern* ont plongé dans un vase renfermant 750 centimètres cubes d'eau d'égout décantée un cylindre de parchemin contenant 750 centimètres cubes d'eau distillée, de façon que les liquides soient au même niveau. A des intervalles de temps déterminés, ils prélevaient des échantillons au dehors et au dedans du dialyseur. L'expérience était continuée jusqu'à ce que les deux liquides aient la même teneur en chlore (24 heures). *J. Johnson* met 50 centimètres cubes d'eau d'égout, filtrée au papier et additionnée d'une quantité d'acide sulfurique suffisante pour la stériliser, dans un tube de parchemin suspendu dans un vase contenant 500 centimètres cubes d'eau distillée renouvelée pendant la dialyse qui dure 6 jours.

Depuis, *G. Fowler*, *Sam Evans* et *Chadwick Oddie* ont proposé une autre méthode indiquée par *Rübner*. Elle consiste à précipiter les matières colloïdales par une solution alcaline de sel ferrique. Dans un flacon conique on ajoute à 200 centimètres cubes d'eau à analyser, 2 centimètres cubes de solution à 5 pour 100 d'acétate de soude et 2 centimètres cubes de solution à 10 pour 100 d'alun de fer et d'ammoniaque. On agite et on place le flacon sur un brûleur. On porte à l'ébullition,

qu'on maintient 2 minutes exactement. On refroidit et on filtre en ne jetant sur le filtre qu'aussi peu de précipité que possible. On obtient ainsi un liquide clair qui ne contient que les substances en vraie solution. On compare les analyses de l'eau et du filtrat. L'ébullition ne doit durer que le temps nécessaire à l'évaporation des 4 centimètres cubes de réactifs ajoutés. Des essais à blanc ont montré que les erreurs dues aux réactifs et à la filtration sont inappréciables. Des expériences comparatives avec ces deux méthodes, dialyse et précipitation chimique, ont donné des résultats qui n'étaient pas numériquement identiques, mais le rapport des cristalloïdes et des colloïdes était le même.

Cette méthode a été introduite dans les analyses courantes à *Davyhulme* (*Manchester*) et a permis de dégager certains points intéressants.

On a constaté d'abord que l'effluent des fosses septiques contenait plus de matières colloïdales en été qu'en hiver, bien que l'eau d'égoût fût en moyenne plus diluée en été. On pourrait penser que cet accroissement des matières colloïdales fût le fait de fermentations produites sur les matières solides. Il semble plutôt que la plus grande dilution favorise la mise en pseudo-solution de ces matières.

Le séjour trop prolongé des eaux d'égout en fosse septique doit être évité car, en milieu anaérobie, la proportion des matières colloïdales s'accroît, tandis qu'elle diminue en présence de l'air.

La recherche de ces matières *colloïdales* dans les lits d'oxydation donnera une mesure du travail qui s'y effectue. Ce n'est pas seulement la quantité des *matières organiques totales* qu'il importe de connaître, mais leur *état*, qui permet de dire si ces matières sont plus ou moins nuisibles. Les matières solubles *cristalloïdes* sont si rapidement oxydées qu'on peut jusqu'à un certain point les négliger.

*
* *

Nous avons repris ces expériences sur les eaux de la Madeleine et, après quelques essais, nous avons dû abandonner la méthode par dialyse qui nous semble sujette à trop de causes d'erreur et nous avons adopté la méthode de *G. Fowler* beau-

coup plus simple et plus rapide, mais qui demande à être perfectionnée.

Nous avons effectué pendant 20 jours ce que *G. Fowler* a appelé le *Clarification Test*, par la méthode que nous venons d'exposer sur les eaux décantées non filtrées. Nous donnons dans le tableau VIII ci-après, les nombres moyens ainsi obtenus. Nous avons aussi calculé, d'après la détermination de l'oxygène absorbé en 4 heures, le pourcentage des matières colloïdales oxydables dans les matières organiques oxydables totales. Nous ferons remarquer qu'il y a une cause d'erreur provenant du fait de la précipitation de l'hydrogène sulfuré par le sel de fer, ce qui augmente la proportion de matières colloïdales. Nous n'avons pu faire la correction nécessaire à ce sujet, par suite de la difficulté de doser d'une manière précise l'hydrogène sulfuré dans un liquide aussi complexe qu'une eau d'égout. Nous étudions cette question et espérons y apporter une contribution utile.

TABLEAU VIII. — **Oxygène absorbé en 4 heures.**

	EAU BRUTE	EFFLUENT de la fosse septique N° 1	EFFLUENT de la fosse septique N° 2	EFFLUENT des lits bactériens
Avant précipitation	45,1	41,0	44,5	8,8
Après —	19,7	17,9	18,5	5,4
Oxygène absorbé par les matières colloïdales et autres, précipitées	25,4	23,1	26,2	3,4
Matières colloïdales et autres, précipitées, 0/0 des matières oxydables	57,2 0/0	56,3 0/0	58,8	40,4

Nous avons rapporté dans le volume précédent[1] les expériences que nous avions effectuées pour déterminer l'importance de la fixation des matières organiques sur les matériaux des lits bactériens (scories). Les résultats ont montré que les matières organiques sont d'autant plus facilement retenues

[1] Vol. III, p. 56.

par les scories qu'elles sont de nature colloïdale. Ainsi, comparativement, la proportion pour 100 de matière fixée a été :

Albumine	17,68
Peptone	13,38
Amidon soluble	4,20
Asparagine	2,26
Sulfate d'ammoniaque	2,09
Glucose	1,00

Suivant *Jones* et *Travis*, ce retour à l'état solide des matières colloïdales doit être plutôt attribué à des actions de surface qui en amènent la coagulation. Ils ont remarqué que si l'on abandonne de l'eau d'égout dans un vase en verre, d'abord les matières en suspension se déposent ou flottent à la surface. Au bout d'un certain temps on n'aperçoit plus de matières dans le liquide, qui cependant reste trouble et opaque. Puis de petits flocons apparaissent sur le verre et grossissent lentement, le plus souvent en des points plus ou moins séparés, et tombent au fond du vase. Cette coagulation ne se produit qu'au contact du verre. L'eau est de moins en moins opalescente et finit par être transparente. On peut activer la coagulation en plaçant dans le vase des lames de verre : on voit, au bas de ces lames, un amas de ces matières colloïdales. Mais on ne peut exagérer la surface, car non seulement elle n'accroît pas le dépôt, mais en même temps (et dans un rapport inverse de la superficie des surfaces) elle raccourcit la période durant laquelle les phénomènes peuvent être observés.

L'action mécanique produite par les matériaux d'un lit bactérien est donc importante. C'est dans le but de diminuer le travail d'oxydation des lits et, pour cela, d'éliminer la plus grande partie des matières colloïdales, que *O. Travis* a imaginé les plans de la fosse septique qu'il a appelée « *Hydrolytic tank* » à *Hampton* (1).

Dans les bassins de simple décantation, les actions de surface se réduisent aux murs, qui se recouvrent dans la partie immergée d'un enduit visqueux, lequel se détache et tombe avec les matières en suspension. Cet enduit est formé de matières colloïdales emprisonnant de fines particules. Lorsque

(1) Vol. II, p. 100.

les surfaces sont augmentées ou multipliées, comme dans l'*hydrolytic tank*, cette coagulation et ce dépôt des matières colloïdales sont accrus et l'effluent en contient une moins grande proportion.

Dans les fosses septiques, l'action est plus importante, car le dégagement des gaz remet en suspension des particules sur lesquelles se fixent les matières colloïdales et celles-ci retombent au fond de la fosse lorsque les bulles sont venues crever à la surface. Quand le dégagement des gaz est abondant, l'effluent est beaucoup moins opalescent qu'en temps ordinaire.

Dans les lits bactériens, et surtout dans les lits bactériens à percolation, l'effluent des fosses septiques s'écoulant en très mince couche sur la surface des matériaux y abandonne facilement les matières colloïdales. La pellicule de matière organique qui couvre ainsi les matériaux favorise leur dépôt, qui retient une partie des matières organiques en vraie solution, ainsi que des sels ammoniacaux. L'importance de ce dépôt dépend de beaucoup de facteurs, parmi lesquels : *la concentration des colloïdes dans l'eau d'égout*, *le degré de stabilité de la solution colloïdale*, et *l'intimité du contact avec la surface*. Les deux premiers facteurs varient avec l'eau d'égout, mais les variations pour les diverses eaux d'égout domestiques ne sont pas grandes, dépendantes plutôt du système d'égout que de la composition chimique des eaux elles-mêmes, et ils varient aussi pour la même eau, suivant les différentes heures du jour. Le dernier facteur dépend de la grosseur des matériaux du lit, car plus ces matériaux sont petits, plus la surface offerte à l'eau est grande.

L'effluent des lits bactériens est généralement débarrassé des matières colloïdales. Cependant, lorsque la concentration de ces matières dans l'eau traitée est très faible, la fixation exige un temps plus long que celui qui peut être accordé par le passage des eaux au travers du lit.

Les matières colloïdales fixées sur les matériaux du lit bactérien sont alors soumises à des actions physiques, chimiques et biologiques. Lorsque les matériaux sont gros et que, par suite, l'aération est facile, les matières perdent leur aspect gélatineux, elles se contractent, peuvent se détacher facile-

ment et sont entraînées par les eaux. Ce sont les *films* ou particules en suspension qui ont été observées dans bien des cas et qui ont obligé à la construction de bassins de décantation pour l'effluent épuré. Par suite de l'oxydation subie dans le lit bactérien, ces matières résistent à la putréfaction dans les eaux aérées. Si les matériaux sont très fins, et par suite l'aération moins abondante, ces matières conservent plus longtemps leur caractère colloïdal et le dépôt reste dans le lit pendant un temps indéfini. Ensuite l'action microbienne agit dans la masse du dépôt par les diastases, et à la surface par l'oxydation, les produits d'oxydation étant ou gazeux comme l'acide carbonique, ou très solubles et peu faciles à fixer comme les nitrates.

Dans l'épuration terrienne (épandage, irrigation culturale) les phénomènes sont absolument identiques. Il faut cependant faire remarquer que, lorsque les eaux d'égout sont déversées sur le sol, sans décantation préalable, les matières colloïdales agglutinent toutes les matières en suspension qui recouvrent ainsi la terre d'un enduit imperméable empêchant toute irrigation nouvelle et toute épuration.

L'exposé de ces travaux sur les matières colloïdales nous a amené, comme nous l'avons vu, à une nouvelle théorie de l'épuration dans les lits bactériens. Au Congrès international d'Hygiène de 1903 *Dunbar* expliquait les phénomènes concourant à l'épuration de la façon suivante : suivant lui, dans les lits bactériens l'*adsorption* de la matière organique par les matériaux est l'action la plus importante. A côté de ce pouvoir adsorbant il faut faire intervenir certaines affinités chimiques comme l'ammoniaque et l'hydrogène sulfuré pour le fer toujours plus ou moins abondant dans les scories. La faculté d'adsorption s'épuise et les matériaux ont besoin pour se régénérer de l'accès de l'air et de la présence des microorganismes qui agissent pendant les périodes d'aération ou de repos. Les matières organiques sont décomposées par les microbes jusqu'à la formation de certains composés facilement oxydables par l'oxygène de l'air. Il y a donc trois actions distinctes : *adsorption ou fixation de la matière organique par les matériaux, décomposition de la matière organique en produits simples*; *oxydation de ces produits par l'oxygène de l'air*. La

théorie de *Dunbar* avait été, dès l'origine, combattue vivement en Allemagne et c'est pour trouver des arguments à lui opposer que ses adversaires, parmi lesquels *Bilz* et *Kröhnke*, démontrèrent les premiers l'importance des matières colloïdales dans les eaux d'égout.

La théorie nouvelle, que nous adoptons, ne tient plus compte des phénomènes d'adsorption, elle attribue la retenue des matières organiques dans les lits bactériens à des *actions de surface coagulant les matières colloïdales*, lesquelles se déposent sur les matériaux, sont détruites par les microbes et oxydées par l'oxygène de l'air. Les matières organiques en vraie solution sont entraînées en partie par les matières colloïdales et en partie oxydées directement, probablement avec intervention microbienne (¹).

(¹) MILLS, Purification of Sewage and Water, *Stait Board of Health Massachusets*, 1890.

BILZ et KRÖHNKE, Colloïdes organiques dans les eaux d'égout, *Berichte der deuts. Chem. Gessells.*. V. 37, p. 1745, 1904.

G. FOWLÈR and E. ARDERN, Suspended matter in sewage and effluents, *Journal of the Society of Chemical Industry*, V. 24, p. 483, 1905.

G. FOWLER, S. EVANS and A. CHADWICK ODDIE, Some applications of the *Clarification Test* to Sewage and effluents, *Journal of the Society of Chemical Industry*, V. 27, mars 1908.

A. STOWALL JONES and W. OWEN TRAVIS, The elimination of suspended solids and colloïdal matters from sewage, *Proc. of the Institution of Civils Engineers*, V. 164, Part. 2, 1905.

J. H. JOHNSTON, The organic colloïds of Sewage, *Journal of The Royal Sanitary Institute*, V. 27, nº 10, 1906.

H. W. CLARK, The resistance to decomposition of certain organic matters im sewage, *Journal of Infectious diseases*, Supp. 2 février 1906.

J. H. JOHNSTON, Die Rolle der Kolloïde bei der Reinigung von Abwässern, *Zeitsch. für Chemie und Industrie der Kolloïde*, 1908, Supp. Heft 2.

CHAPITRE V

ÉPURATION PAR LITS BACTÉRIENS A TOURBE

Nous avons rapporté l'an dernier [1] les essais que nous avions entrepris pour rechercher l'effet de la tourbe, employée comme support d'oxydation dans les lits bactériens, sur l'épuration des eaux d'égout.

Nous avons montré qu'avec la *tourbe mousseuse de Hollande* intercalée en couche de 10 centimètres d'épaisseur dans un lit bactérien de scories, l'épuration, bonne au début, devint rapidement incomplète par suite du colmatage de la tourbe, colmatage qui forçait les eaux à s'écouler à travers les parois latérales du lit.

Nous avons pensé, et c'est l'opinion de *M. Müntz*, que la tourbe mousseuse de Hollande que nous avions employée était cause de nos résultats peu encourageants; aussi avons-nous abandonné le lit bactérien établi à notre station de la Madeleine pour faire des essais comparatifs dans nos laboratoires de l'Institut Pasteur.

Nous avons employé pour nos expériences la *tourbe moyenne* des marais de la Somme, se présentant sous la forme de briquettes noirâtres dures et compactes. Ces briquettes ont été brisées en morceaux qui ont été trempés dans un lait de carbonate de chaux.

Appareils. — La fig. 4 montre le dispositif adopté pour ces expériences. Il se compose de quatre lits bactériens : deux formés de tourbe et deux de scories, de façon à pouvoir traiter comparativement sur tourbes et sur scories d'un côté (lettres sans indice) l'effluent des fosses septiques de la Madeleine, de l'autre côté (lettres avec indice) une solution de sulfate d'ammoniaque.

[1] Ces recherches, Vol. 3, p. 87.

Les liquides à épurer sont d'abord versés dans les bassins A d'où ils sont repris par les pompes B pour être élevés dans

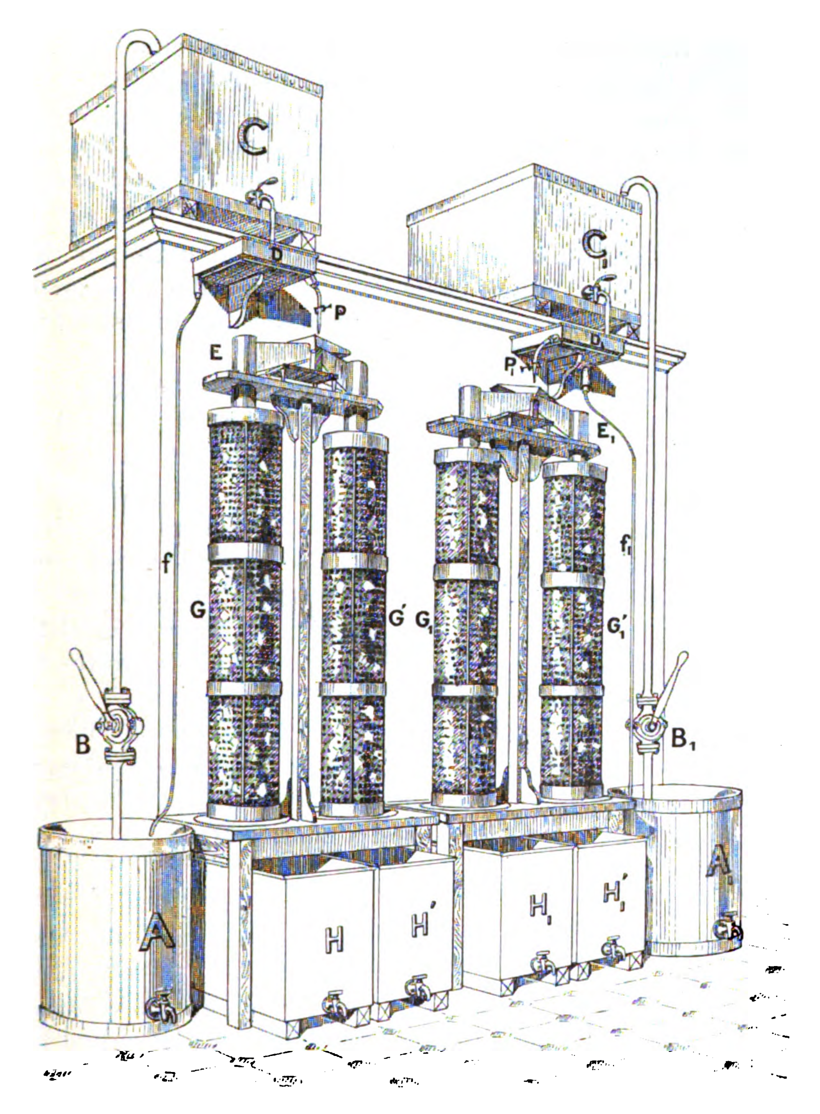


Fig. 4. — Dispositif d'expériences relatives à l'épuration biologique comparée par lits bactériens percolateurs formés de différents matériaux.

les réservoirs C. L'écoulement de l'eau sur les lits devant être très faible par suite de la petite surface de ces lits, le réglage

en est très difficile. Dans le but de le rendre plus régulier, nous avons interposé entre les réservoirs C et les appareils distributeurs E de petits bassins munis à la partie inférieure de deux ouvertures, l'une dans la partie principale laisse écouler le liquide dans les distributeurs, l'autre en est séparée par une cloison et n'est alimentée que par le trop plein du bassin, dans lequel le liquide se trouve donc toujours au même niveau. Cette dernière partie de liquide retourne dans le bassin A.

L'écoulement du liquide des bassins D est réglé par des pinces P. Sa distribution égale dans chaque lit s'effectue au moyen de vases triangulaires basculant sur des pivots, réglables par des contrepoids.

Les lits G sont formés de cylindres en toile métallique à mailles de 1 centimètre, de $1^{m},50$ de hauteur et de $0^{m},20$ de diamètre; la surface de chaque lit est donc de $0^{m2},0314$. Deux lits G G_1 sont remplis de tourbe en morceaux de 2 à 3 centimètres, les deux autres G′ G_1' de scories triées et lavées de 1 à 2 centimètres. La tourbe provient des tourbières de la Somme : c'est la variété noire compacte, analogue à celle employée par MM. Müntz et Lainé pour leurs expériences. Le fond des lits, aussi en toile métallique, laisse écouler le liquide traité qui est recueilli dans les réservoirs H.

Le volume du liquide écoulé sur les lits est évalué chaque jour à la même heure par la hauteur du liquide restant dans les réservoirs C, après y avoir pompé la partie écoulée dans les bassins A par les trop pleins des bassins D.

*
* *

Les expériences d'épuration d'eaux d'égout ou d'eaux résiduaires sont toujours beaucoup plus difficiles à effectuer sur un petit volume au laboratoire que sur les grands volumes d'une installation comme celle de la Madeleine. Cependant les expériences de laboratoire, quoique plus délicates, permettent plus facilement tous les changements et modifications dans le dispositif adopté, suggérés par les circonstances.

La plus grande difficulté rencontrée a été le réglage de l'écoulement du liquide dans l'appareil distributeur. Lorsque cet écoulement est ralenti, les orifices sont obstrués facilement

par les moindres poussières, et il s'arrête; il faut donc une surveillance attentive. Nous avons aussi remarqué que le déversement du liquide sur les lits doit être aussi peu abondant que possible, de façon qu'il ne jaillisse pas de liquide qui, s'écoulant le long des parois extérieures, vienne se mélanger aux eaux épurées.

Nous avions pensé pouvoir effectuer toutes les expériences sur une série de deux colonnes; mais nous avons dû en faire construire deux nouvelles pour traiter séparément les solutions d'ammoniaque et l'effluent des fosses septiques de la Madeleine.

Nous pouvons donner, dès à présent, quelques résultats de *nitrification du sulfate d'ammoniaque*. Quant à ceux de l'épuration de l'*effluent des fosses septiques*, nos expériences ne sont pas encore assez avancées pour les publier.

*
* *

Si l'on compare la nitrification obtenue avec la tourbe et avec les scories, on observe une action bien plus intense avec la tourbe, comme le montrent les premiers chiffres du tableau ci-après. La nitrification est plus de cinq fois plus active dans la tourbe que dans les scories.

Après quelques semaines pendant lesquelles ces différences étaient toujours constantes, quel que fût le volume de l'eau traité, nous avons mélangé à la tourbe comme aux scories environ 1/4 de leur volume de morceaux de calcaire assez tendre, de la grosseur d'un petit œuf.

L'effet de l'addition de carbonate de chaux a été peu important pour la tourbe, dans laquelle la nitrification a toujours été très active. Pour les lits de scories au contraire, l'action des ferments nitrifiants est devenue beaucoup plus intense et si, pour les débits très faibles, la nitrification était meilleure dans les lits de tourbe que dans les lits de scories, pour les débits plus forts, on peut constater par les nombres du tableau IX que le phénomène inverse s'est produit.

De cette première série d'expériences on peut donc conclure :

1° Que *la tourbe seule est un meilleur support que les scories seules pour obtenir une bonne nitrification de l'ammoniaque.*

Tableau IX. — **Nitrification du sulfate d'ammoniaque.**
(Solution à 200 milligr. par litre.)

	Litres d'eau par mètre carré de surface.	Tourbe.	Scories.
1° Sans carbonate de chaux.	353	470,0	84,0
— — —	477	332,0	40,2
— — —	1160	222,5	42,5
2° Avec — —	385	421	333
— — —	732	285	330
— — —	885	321	355
— — —	1060	288	348
— — —	1100	295	338
— — —	1582	157	225

2° Que *l'addition de calcaire aux scories permet d'obtenir une nitrification comparable à celle obtenue dans les lits de tourbe mélangée de calcaire pour les débits moyens. Pour les débits plus importants, le mélange* SCORIES *et* CALCAIRE *semble supérieur au mélange* TOURBE *et* CALCAIRE.

*
* *

Dans le but de chercher une explication de la différence d'action observée dans les lits bactériens à tourbe et à scories, surtout au point de vue des matières organiques, nous avons effectué une détermination [1] de la durée d'écoulement dans nos lits d'expérience.

L'écoulement étant réglé de part et d'autre au taux de 1175 litres par mètre carré et par jour, et après avoir dosé le chlore dans l'effluent de fosse septique qui s'écoulait sur les lits, nous avons versé dans chacune des cuvettes à renversement 100 centimètres cubes d'une solution à 18 pour 100 de chlorure de sodium. Puis, toutes les 5 minutes d'abord, toutes les 10 minutes ensuite, nous avons prélevé des échantillons dans lesquels nous avons dosé le chlorure de sodium. Les résultats sont rapportés dans le tableau X ; ils ont permis d'établir les courbes ci-après (*graphique n° 12*).

Dans le lit à tourbe, la quantité maxima de chlorure de sodium, 1gr,86 par litre, a été observée au bout de 40 minutes,

[1] Avec la collaboration de M. Ghysen, dont nous analysons plus loin un travail sur cette question.

puis le taux de chlorure s'est abaissé jusqu'à $1^{gr},28$ qui s'est maintenu avec des variations peu importantes jusqu'à la fin de l'expérience, c'est-à-dire, après 6 heures 30. Il semble donc que le chlorure de sodium soit retenu énergiquement par la tourbe et qu'il n'est cédé que peu à peu. L'élimination si lente d'un composé passant ordinairement très rapidement dans les filtres montre que les matières organiques doivent aussi être retenues énergiquement et par suite soumises aux actions de destruction qui aboutissent à l'épuration de l'eau.

Dans les lits à scories au contraire, tout se passe comme dans un filtre ordinaire. L'élimination du chlorure de sodium est très rapide et le taux maximum $4^{gr},70$ par litre, est atteint au bout de 1 heure 20; puis la teneur en chlorure diminue progressivement et, après 6 heures 30, il en reste encore une assez forte proportion : $1^{gr},96$ par litre. Ici encore il y a retenue mais beaucoup moins énergique que celle observée avec la tourbe.

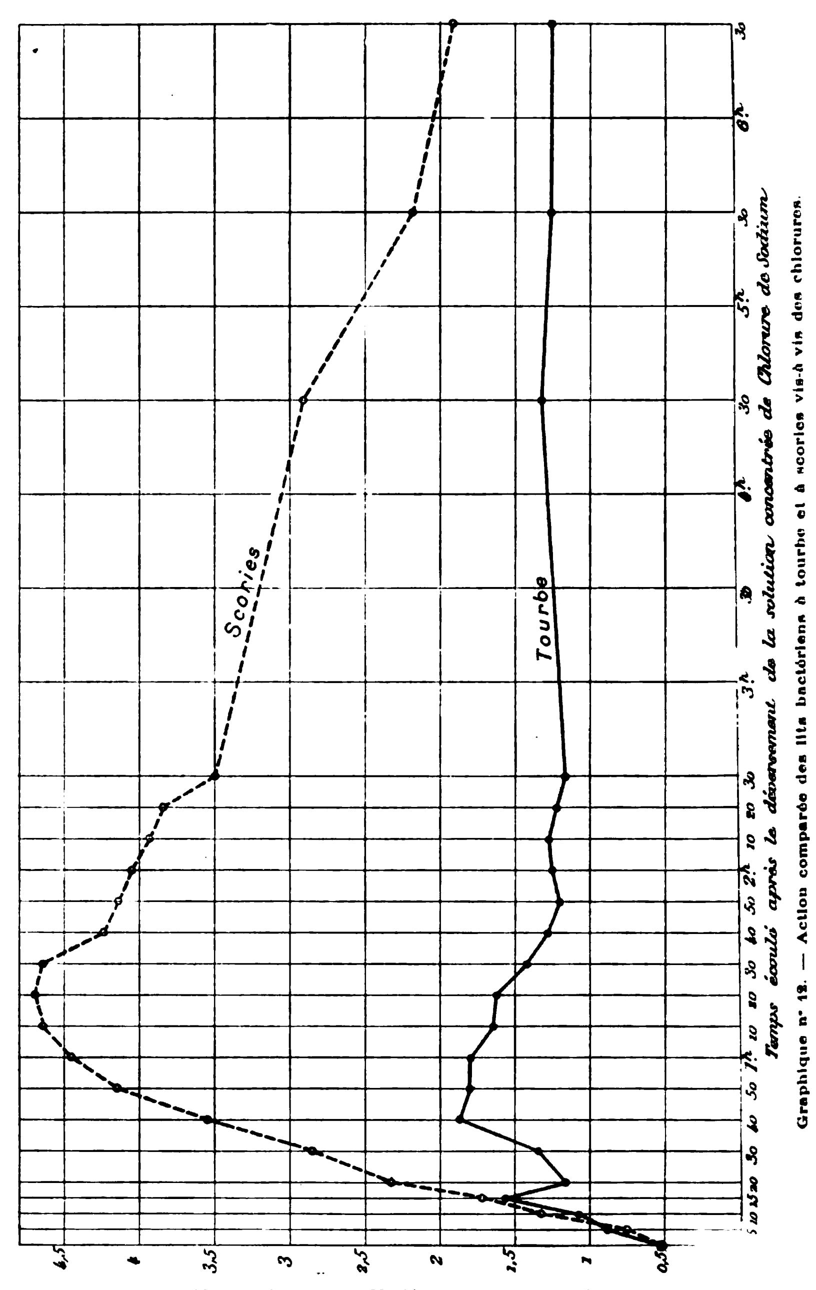
TABLEAU X. — **Chlorure de sodium en NaCl** (en grammes par litre) **dans l'effluent des lits.**

	Tourbe.	Scories.
Avant l'expérience	$0^{gr},52$	$0^{gr},52$

Déversement sur chaque lit de 100 *cc. de solution de chlorure de sodium à* 18 0/0.

	Tourbe.	Scories.
Après 5 minutes	$0^{gr},88$	$0^{gr},76$
— 10 —	$1^{gr},08$	$1^{gr},36$
— 15 —	$1^{gr},56$	$1^{gr},74$
— 20 —	$1^{gr},16$	$2^{gr},34$
— 30 —	$1^{gr},34$	$2^{gr},86$
— 40 —	$1^{gr},86$	$3^{gr},56$
— 50 —	$1^{gr},80$	$4^{gr},16$
— 1 heure	$1^{gr},80$	$4^{gr},46$
— 1 — 10 minutes	$1^{gr},64$	$4^{gr},66$
— 1 — 20 —	$1^{gr},62$	$4^{gr},70$
— 1 — 30 —	$1^{gr},44$	$4^{gr},66$
— 1 — 40 —	$1^{gr},28$	$4^{gr},24$
— 1 — 50 —	$1^{gr},20$	$4^{gr},16$
— 2 heures	$1^{gr},24$	$4^{gr},06$
— 2 — 10 minutes	$1^{gr},28$	$3^{gr},90$
— 2 — 20 —	$1^{gr},23$	$3^{gr},80$
— 2 — 30 —	$1^{gr},18$	$3^{gr},50$
— 4 — 30 —	$1^{gr},34$	$2^{gr},96$
— 5 — 30 —	$1^{gr},28$	$2^{gr},20$
— 6 — 30 —	$1^{gr},28$	$1^{gr},96$

*
* *



Graphique n° 12. — Action comparée des lits bactériens à tourbe et à scories vis-à-vis des chlorures.

Au sujet de cette importante question relative à l'emploi de la tourbe dans la construction des lits bactériens, le docteur *J. Ghysen* (1) vient de publier tout récemment une intéressante étude que nous croyons utile d'analyser ci-après :

Historique. — Les scories nécessaires pour la construction des lits bactériens ne se rencontrent pas toujours, dans certaines localités, en quantités suffisantes; aussi a-t-on cherché à les remplacer par d'autres matériaux, notamment par la tourbe.

Les premières expériences effectuées sur cette matière à la station expérimentale de *Lawrence* (*Massachusetts*) en 1888 ont montré qu'elle se prête très mal à la filtration intermittente. La tourbe était répandue à la surface de filtres à sable, sur une hauteur de 1 à 5 pieds; dans tous les cas, la filtration a été impossible, l'épuration presque nulle. On a seulement pu constater dans l'effluent de sortie une diminution du nombre des bactéries. Ces mauvais résultats tiennent sans doute à la nature peu favorable de la tourbe employée, car les essais effectués en 1900 en Angleterre sur l'emploi de la tourbe dans la filtration intermittente ont conduit à des conclusions meilleures. En ayant soin de drainer parfaitement le filtre, on a pu obtenir avec les filtres à tourbe de très bons résultats. Toutefois la réaction acide de la tourbe semblait gêner le travail des ferments nitrificateurs, car les effluents de sortie étaient à peu près exempts de nitrates.

En Allemagne, *Schwarzkopf* et *Petri* ont recommandé le mode de travail suivant : l'eau à purifier est d'abord traitée par un procédé chimique, puis envoyée sur les filtres à tourbe; mais les essais effectués avec cette méthode à l'Institut d'Hygiène de Berlin n'ont pas conduit à des résultats favorables. *Frank* a également essayé, à *Wiesbaden*, la tourbe pour l'épuration des eaux d'égout; mais il s'est borné à l'examen bactériologique de l'effluent de sortie et a opéré à l'abri de l'air, de sorte qu'il est difficile de tirer des conclusions de ses expériences. Les essais de *Degener* ont donné de meilleurs résultats.

(1) *Gesundheits Ingenieur*, 1909, n° 1, p. 1.

Degener additionne l'eau d'égout de tourbe divisée et précipite ensuite la masse par le perchlorure de fer. On élimine ainsi 78 pour 100 des matières organiques putrescibles.

En Italie, *Adolfo Monari* a fait des essais sur la filtration des matières fécales sur la tourbe et a pu séparer ainsi les matières en suspension qui, mélangées à la tourbe, constituent un excellent engrais. Mais l'effluent de sortie était encore très putrescible.

En France, *Muntz* et *Lainé* ont montré que la tourbe est un substratum tout à fait favorable aux microbes nitrificateurs. En utilisant pour le traitement des eaux d'égout un filtre composé de fragments de tourbe mélangés de carbonate de chaux et placés sur une couche de sable bien drainée, ces savants ont obtenu des résultats très favorables : disparition de l'ammoniaque, réduction des matières organiques dans la proportion des quatre cinquièmes, effluent de sortie clair, sans odeur et imputrescible. Pour éviter les dangers de colmatage de la surface du filtre, il suffit de renouveler de temps à autre la couche superficielle ou de la mélanger avec les couches inférieures.

Pottevin utilise, au lieu de craie pulvérisée, des couches alternatives de morceaux de craie et de tourbe.

Essais du Dr J. Ghysen. — *Ghysen* a cherché à savoir s'il est avantageux d'utiliser la tourbe pressée pour la construction des filtres intermittents, si la tourbe pressée peut jouer le rôle de couche filtrante à la surface des lits bactériens percolateurs ordinaires, et enfin si la tourbe en briquettes peut servir pour la construction des lits.

La tourbe qui a servi pour la construction des filtres intermittents avait une faculté d'imbibition d'environ 50 pour 100, c'est-à-dire notablement supérieure à celle des filtres à sable qui ne dépasse guère 20 à 25 pour 100. Dans ses essais sur des filtres intermittents de 1 mètre de hauteur, *Ghysen* a constaté d'abord que la tourbe ne se comporte pas comme le sable vis-à-vis du chlorure de sodium et des matières colorantes. Tandis qu'avec le sable ces substances ne sont nullement retenues, elles le sont très fortement avec la tourbe:

une solution de chlorure de sodium s'appauvrit beaucoup par passage sur la tourbe ; une solution d'éosine sort du filtre complétement décolorée. *Ghysen* a vu en outre que la tourbe, quand elle est bien perméable, peut donner d'aussi bons résultats que le sable pour la filtration intermittente. Tous les trois jours le filtre était chargé avec une couche d'eau d'égout de 15 centimètres, et il a fonctionné parfaitement pendant un an et demi sans aucun colmatage. Même avec un chargement double du précédent, la marche du filtre n'a pas laissé à désirer, bien que l'eau d'égout renfermât 500 milligrammes de matières en suspension par litre. Toutefois les filtres à tourbe donnent des eaux toujours colorées en jaune ou en brun par suite de la dissolution de l'humus; l'oxydabilité augmente au lieu de diminuer, bien que l'eau ne soit plus putrescible. L'ammoniaque diminue beaucoup tandis que les nitrates augmentent dans de fortes proportions.

Ghysen a expérimenté également la méthode de *Müntz* et *Lainé* qui consiste à mélanger la tourbe avec de la craie pulvérisée. Ces essais ont donné d'excellents résultats : les effluents sont devenus incolores; en outre, on a constaté une forte diminution de l'oxydabilité, par suite de la fixation de l'humus par la craie. *Ghysen* a mis en évidence un autre avantage de la craie. En faisant l'analyse des gaz qui se trouvent à l'intérieur des filtres intermittents à tourbe, il a constaté que la craie exerce une action très favorable sur les échanges gazeux. Un filtre travaille d'autant mieux qu'il contient plus d'oxygène et qu'il laisse se diffuser plus vite l'acide carbonique produit par les microbes. Or la présence de la craie a pour résultat de diminuer la teneur en acide carbonique dans toutes les couches du filtre, probablement par suite de la formation de bicarbonate de chaux soluble. L'effluent de sortie du filtre à tourbe et à craie est d'ailleurs beaucoup plus riche en acide carbonique que l'effluent du filtre à tourbe seule. Au contraire, l'oxygène est beaucoup plus abondant dans les gaz du filtre qui a reçu de la craie.

L'étude bactériologique des effluents de ces filtres intermittents a montré que le nombre des bactéries, qui était de 20 à 40 millions par centimètre cube dans l'eau brute, tombait à 20 000-500 000 par centimètre cube dans l'effluent de sortie.

Aucune différence n'a été constatée entre les filtres à craie et les filtres sans craie.

Les essais de *Ghysen* ont également porté sur l'emploi de la tourbe comme couche superficielle des lits bactériens percolateurs. Ces essais ont été faits sur 4 lits percolateurs en scories, à la surface desquels on a placé une couche de tourbe de 50 centimètres. Deux de ces lits ont reçu en outre, sous la couche de tourbe, une couche de craie de 10 centimètres. Les effluents des lits sans craie ont été colorés au début; on a constaté une augmentation de l'oxydabilité, suivie d'une forte diminution. Au contraire, les effluents des lits à craie ont été dès le début incolores et l'oxydabilité a diminué aussitôt dans de fortes proportions. Après 3 mois de fonctionnement, les deux types de lits donnaient, au point de vue de l'épuration, des résultats analogues. La diminution de l'oxydabilité atteignait 60 pour 100; la putrescibilité était nulle; on ne trouvait plus que des traces d'ammoniaque et les nitrates atteignaient 100 milligrammes par litre. On n'a observé aucun colmatage de la couche superficielle. Un autre lit à percolation, construit avec de la tourbe mêlée de craie, de 1 mètre de hauteur, a fonctionné parfaitement pendant près d'un an sans le moindre colmatage, avec un chargement de 1 mètre cube d'eau d'égout par mètre carré de surface.

Enfin *Ghysen* a expérimenté deux filtres de 1 mètre de hauteur, formés d'une couche inférieure de 50 centimètres de briquettes de tourbe et d'une couche supérieure de 50 centimètres de tourbe divisée. Le fonctionnement, au bout d'un mois, était satisfaisant. Il y a encore augmentation de l'oxydabilité, mais les nitrates sont déjà abondants et l'eau n'est plus putrescible. Il est nécessaire de prolonger l'expérience pour juger si les briquettes de tourbe peuvent être utilisées pour la construction des couches inférieures des lits bactériens.

Ghysen tire de son étude les conclusions suivantes :

1° Il est indispensable de s'assurer à l'avance, par des essais, de la perméabilité de la tourbe qu'on veut employer.

2° La tourbe, quand elle est bien choisie et bien perméable, se prête très bien à la filtration intermittente ou à la construction de lits bactériens. Les effluents sont sans odeur,

clairs, imputrescibles. Leur couleur est semblable à celle de l'eau des tourbières;

3° Pour l'analyse de ces effluents, on ne peut pas se baser sur l'oxydabilité; il faut recourir à l'épreuve d'incubation;

4° L'addition de craie est particulièrement recommandable : elle rend les effluents incolores, absorbe l'acide carbonique produit. Le mélange de tourbe et de craie pulvérisée doit être tout à fait intime;

5° Si, après une longue période de fonctionnement, le filtre se colmate, il est très facile d'utiliser la tourbe colmatée, qui n'a aucune odeur, comme engrais, en agriculture, ou de la brûler;

6° D'après les essais signalés plus haut, on peut charger les filtres avec l'eau brute fraîche. Naturellement le mode de clarification préalable aura une influence sur la durée de fonctionnement du filtre. Il faut donc déterminer dans chaque cas particulier s'il est plus avantageux de renouveler plus ou moins fréquemment la couche de tourbe colmatée ou d'installer des appareils de décantation préalable.

CHAPITRE VII

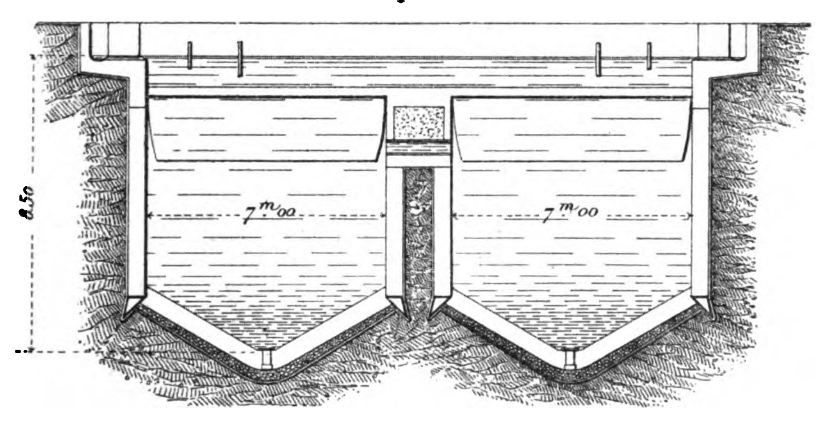
TRAVAUX RÉCENTS SUR LA DÉCANTATION PRÉALABLE DES EAUX D'ÉGOUT

I. — Les décanteurs Emscher.

Les décanteurs *Emscher*, de *Imhoff*[1], constituent une combinaison du bac de décantation mécanique et de la fosse septique, réunissant les avantages de ces deux dispositifs et évitant leurs inconvénients. Les figures 5 et 6 représentent la disposition de ces décanteurs. L'eau arrive par le tuyau *i* dans une première petite fosse munie d'un râteau en fer (fig. 6). Cette fosse ne doit pas être aussi grande qu'on le croyait autrefois; bien au contraire, la canalisation doit être simplement élargie, de manière à conserver autant que possible la vitesse du courant. Les barreaux du râteau sont distants d'environ 50 millimètres. Derrière ce râteau se trouve une rigole de raclage dans laquelle les corps retenus par le râteau sont séparés. Au point *k* la rigole d'arrivée et de départ de l'eau se bifurque de manière à former autour des deux décanteurs une canalisation fermée qui conduit à la sortie. Au moyen de coulisses on peut diriger l'effluent et le faire entrer à volonté par le décanteur de droite ou par celui de gauche. En effet, la décantation s'effectue surtout dans le premier décanteur que parcourt l'eau, ce qui oblige à changer le sens de l'entrée de temps à autre. Dans la figure 5, l'eau entre d'abord dans le décanteur de gauche. Les deux décanteurs sont complètement séparés, à leur partie inférieure, par les parois qui les entourent, et ils ne communiquent que par

(1) D'après P. Kurgafs, *Gesundheits Ingenieur*, 1908, n° 44, p. 697.

un canal situé entre les deux rigoles de décantation (voir la coupe suivant *i k*, fig. 5). Une large rigole, dont le fond est relevé de manière à former une arête angulaire, traverse les décanteurs. Les arêtes inférieures possèdent une ouverture de 10 à 15 centimètres de largeur, par laquelle passent les



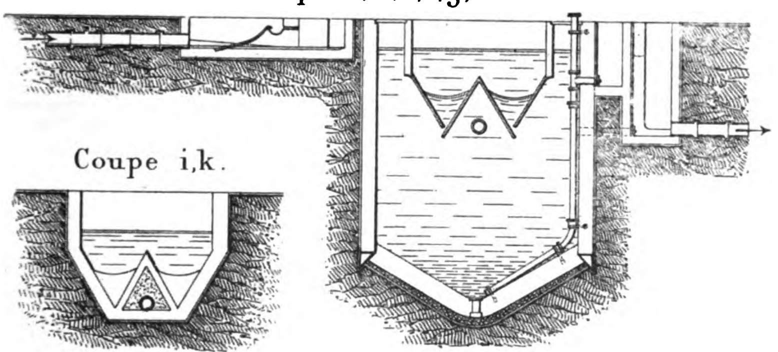


Fig. 5. — Décanteur Emscher de *Imhoff* (coupe).

matières en suspension pour s'accumuler dans la fosse située au-dessous (fig. 5).

Les gaz ne se dégagent pas dans la rigole, mais se rassemblent dans un espace recouvert avec des madriers. Des chicanes permettent une répartition plus parfaite de l'eau et arrêtent la couche des matières flottantes. L'eau qui

a traversé les décanteurs coule dans la fosse de sortie et de là dans la canalisation.

La vidange des boues se fait très simplement. Quand les circonstances le permettent, on dispose l'emplacement réservé aux boues à 1 ou 2 mètres plus bas que le niveau de l'eau dans les décanteurs. Dans la rigole à boues s'ouvre

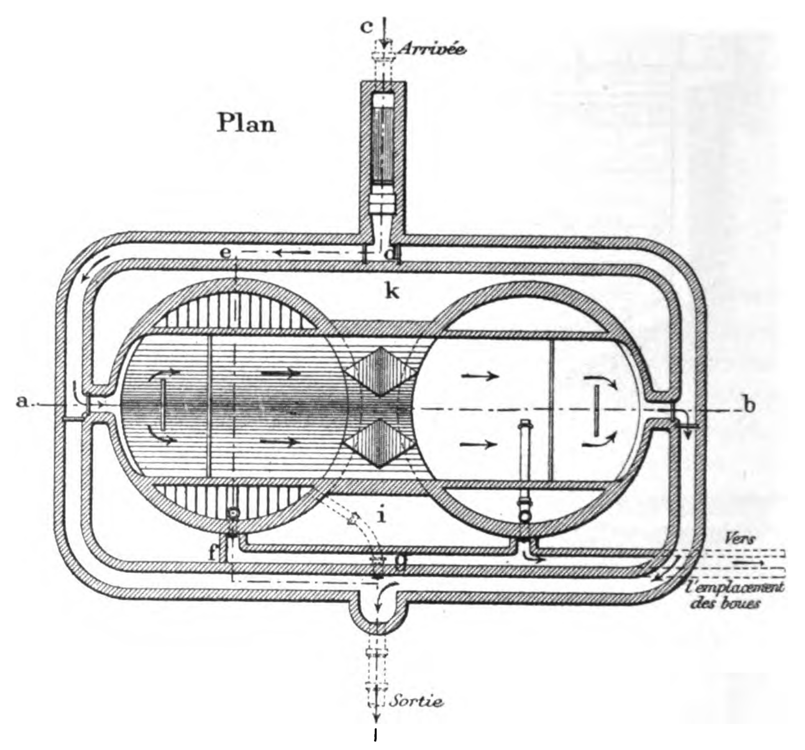


Fig. 6. — Décanteur Emscher de *Imhoff* (plan).

un branchement de la conduite de boues qui va de a partie supérieure jusqu'au fond du décanteur. Si on ouvre une coulisse, la boue s'écoule d'elle-même dans la rigole qui la conduit à l'emplacement réservé dans ce but. Un tuyau d'eau percé de trous permet d'envoyer dans la canalisation de l'eau sous pression pour faciliter l'évacuation. Il faut de 3 à 6 mois de séjour dans le décanteur pour que la boue soit bien fermentée.

L'effet de décantation de ces appareils est environ de

70 pour 100 des matières en suspension, quand le séjour de l'eau dans les décanteurs varie de 3/4 d'heure à 1 heure. La boue extraite des décanteurs est presque sans odeur, et elle est si concentrée qu'elle devient solide au bout de 5 à 6 jours quand on la transporte sur un emplacement bien drainé. La teneur en eau est si faible qu'il suffit de 2 mètres cubes de boue brute pour faire 1 mètre cube de boue solide.

Les avantages de ces décanteurs sont les suivants: 1° L'eau arrive fraîche aux appareils d'épuration biologique, aussi bien décantée que dans de bons bassins de décantation, et s'épure mieux par voie biologique. On évite en outre l'odeur désagréable de cette eau; 2° les boues, très concentrées, exigent une place réduite, et leur vidange est facile; 3° les décanteurs conviennent très bien pour le traitement des eaux épurées par voie biologique, et séparent les matières en suspension qui sont toujours entraînées au sortir des lits bactériens et qui viennent troubler l'eau. On évite ainsi les fermentations secondaires qui se produisent toujours quand on traite ces eaux dans des bassins de décantation, fermentations qui donnent souvent aux eaux épurées une odeur désagréable.

Il existe déjà près de 100 installations de ces décanteurs *Emscher* : les frais de leur construction s'élèvent de 1 mk 60 à 3 mk par tête d'habitant (de 2 fr. à 3 fr. 75).

II. — La centrifugation des boues avec l'appareil Schafer-ter Meer (1).

De nombreux essais ont été entrepris, dans ces dernières années, pour séparer en partie l'eau des boues, afin d'obtenir une matière plus sèche, plus transportable et plus facile à utiliser. On a cherché notamment à centrifuger les boues brutes des bassins de décantation. Quand on centrifuge ces boues, les matières se séparent d'après leur densité : les matières minérales, qui sont les plus lourdes, se réunissent contre le manteau du tambour, puis viennent les matières organiques; enfin les corps légers, l'eau et les graisses se rassem-

(1) D'après Reichlé et Thiesing, *Mitteilungen aus der Königlischen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung* zu *Berlin*, heft 10.

blent au voisinage de l'axe de rotation de l'appareil. Dans les premiers essais, on a tenté de séparer l'eau en employant un tambour perforé, animé d'un mouvement de rotation rapide et fonctionnant comme une turbine de sucrerie; mais les matières en suspension encrassent rapidement la toile métallique du tambour qui ne laisse plus passer l'eau. Les mauvais résultats obtenus avec cette méthode ont conduit à placer la sortie de l'eau près de l'axe de la turbine, et à utiliser un tambour non perforé; ces appareils fonctionnent alors comme les écrémeuses centrifuges en laiterie. Toutefois, même en employant cette méthode, l'opération reste longue; en outre il fallait enlever à bras d'homme l'anneau de boue centrifugée, ce qui rendait le procédé trop coûteux dans la pratique. L'appareil *Schäfer-ter Meer*, construit par la maison *Georg Egestorff* à *Hannovre Linden*, rend le travail automatique; le chargement et la vidange de l'appareil se font d'eux-mêmes, de sorte que les frais d'exploitation deviennent très minimes.

Des essais ont été faits à *Harburg* avec cet appareil. La canalisation d'égouts d'*Harburg*, construite d'après le système séparatif, donne tous les jours 3000 à 4000 mètres cubes d'eau en moyenne, sur lesquels les eaux industrielles (fabriques de cuir, de gomme, de gutta-percha, d'huile) représentent 600 à 700 mètres cubes. Les eaux sont clarifiées dans quatre puits de décantation, puis elles sont reprises par des pompes et envoyées au canal. Les boues restées dans les puits sont aspirées et envoyées à l'usine de centrifugation, dans un réservoir muni d'un agitateur. Cette usine comprend deux appareils *Schäfer-ter Meer*, le réservoir à boues brutes et des transporteurs pour les boues centrifugées. L'appareil *Schäfer-ter Meer*, représenté par les figures 7, 8 et 9, se compose d'un tambour monté sur un axe vertical et entouré d'un manteau. Ce tambour a un diamètre de 850 millimètres, une hauteur de 250 millimètres, et porte six compartiments disposés suivant des rayons et munis à l'intérieur de plaques minces portant, dans le sens longitudinal, des fentes de 10 millimètres de longueur, sur $0^{mm},4$ à $0^{mm},6$ de largeur. Chaque compartiment contient 3 litres; les six compartiments peuvent donc contenir 18 litres de boue centrifugée. Ces six compartiments possèdent un dispositif commun de fermeture inté-

rieure et extérieure sous la forme d'un anneau à coulisse interne et externe. Pendant le chargement et pendant la centri-

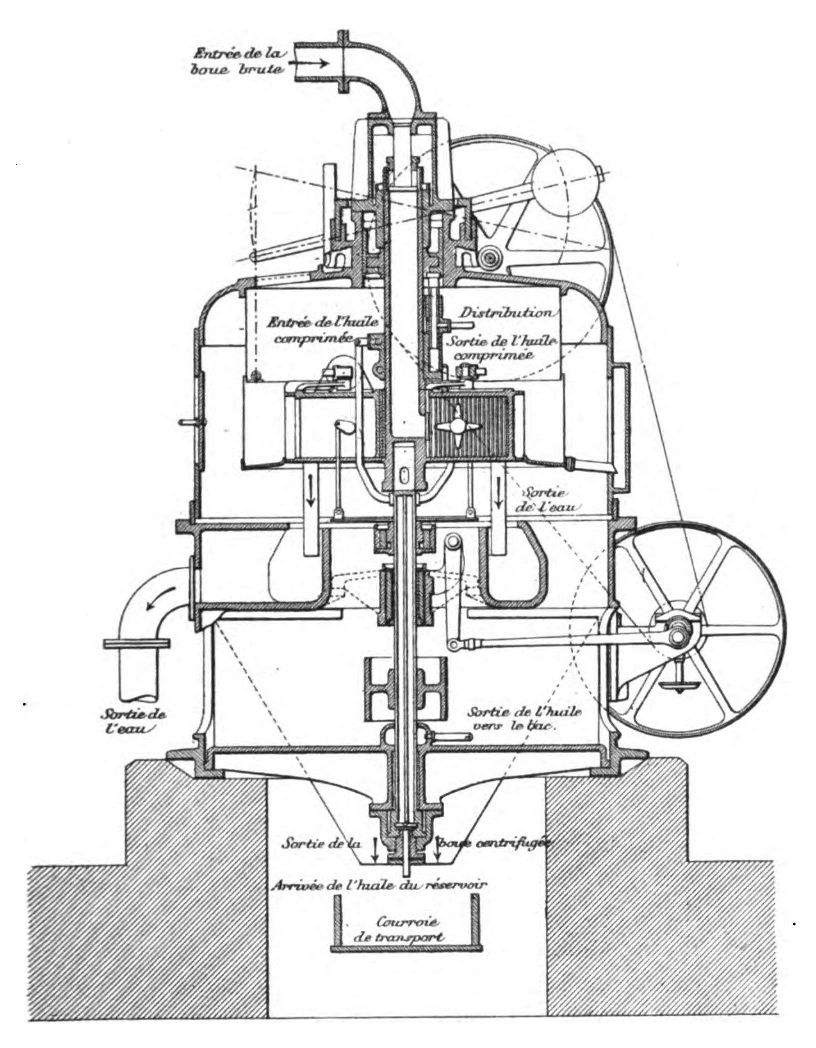


Fig. 7. — Appareil à centrifuger les boues, système Schäfer-ter Meer (coupe).

fugation, la coulisse interne est ouverte et la coulisse externe est fermée; c'est l'inverse au moment de la vidange de l'appareil. Le travail de l'appareil est continu et se divise en deux périodes. Dans la première on fait arriver dans le tambour la

boue à centrifuger et on procède à la centrifugation en même temps. Dans la seconde période, les matières accumulées dans l'appareil sont éliminées par centrifugation. L'opération complète s'effectue de la façon suivante : la boue brute, main-

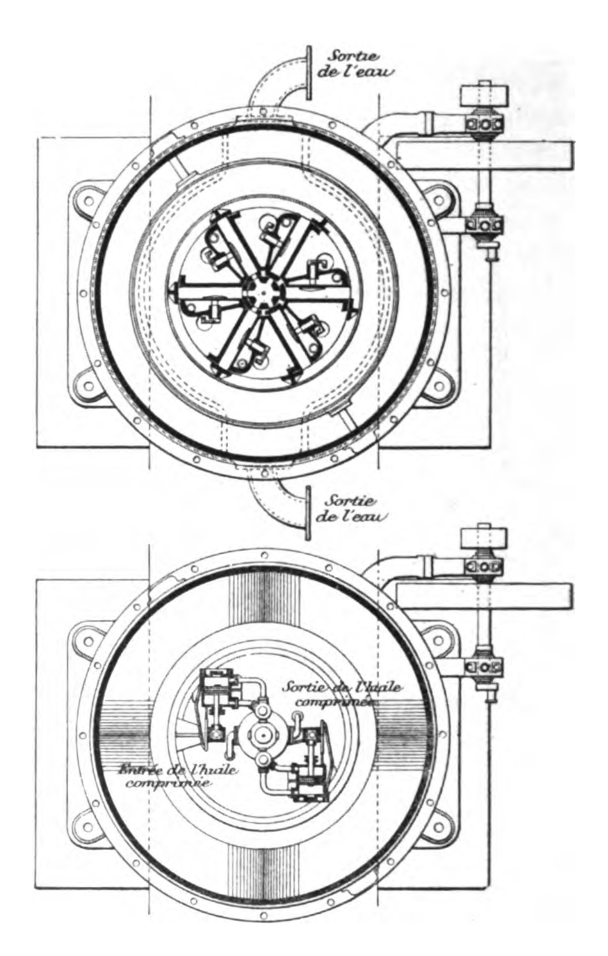


Fig. 8. — Appareil à centrifuger les boues, système Schäfer-ter Meer (plan).

tenue en mouvement dans le réservoir muni d'un agitateur, et par suite bien homogène, vient remplir les compartiments, la coulisse interne étant ouverte. Par suite de la force centrifuge, les parties les plus denses des boues sont projetées vers la périphérie ; au contraire, l'eau et les graisses, plus légères,

refluent à travers le tamis dans le sens de rotation du tambour et s'écoulent hors de l'appareil par un canal qui les conduit dans des bacs de dépôt. Pendant ce temps, l'eau est remplacée régulièrement par de nouvelles boues qui entrent dans le tambour, de sorte qu'au bout d'environ deux minutes, les compartiments se trouvent remplis. L'anneau intérieur se ferme alors et l'anneau extérieur s'ouvre : les boues centrifugées sont évacuées par la force centrifuge contre le manteau

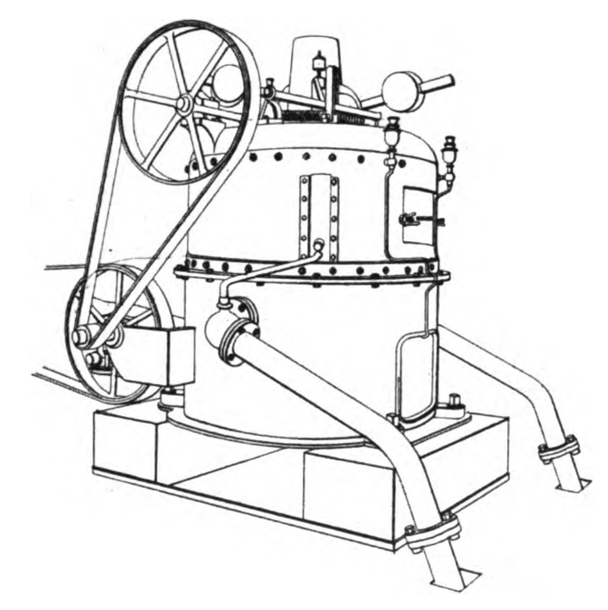


Fig. 9. — Appareil à centrifuger les boues, système Schäfer-ter Meer (vue d'ensemble).

de l'appareil où elles se pulvérisent et tombent ensuite par des ouvertures sur un transporteur à courroies situé au-dessous. L'anneau extérieur se referme, l'anneau intérieur s'ouvre et une nouvelle opération recommence.

La vitesse de rotation du tambour est de 750 tours à la minute. Le mouvement des deux anneaux du tambour se fait au moyen d'huile pressée qui en règle l'ouverture et la fermeture.

Le tableau XI indique la composition des eaux d'égout qui ont abandonné les boues traitées. Les eaux qui proviennent des

puits III et IV sont surtout des eaux ménagères, très riches en matières organiques dissoutes : le permanganate absorbé varie entre 550 et 815 milligrammes, l'azote total entre 91 et 212 milligrammes. Les eaux qui proviennent des puits I et II sont mélangées d'eaux industrielles et sont moins concentrées; le permanganate absorbé varie de 411 à 682 milligrammes, et l'azote total de 64 à 88 milligrammes. La teneur en matières en suspension est moyenne. La boue brute obtenue renferme en moyenne 92,2 pour 100 d'eau et 7,8 pour 100 de matière sèche; son poids spécifique moyen est de 1,019. La matière sèche renferme en moyenne 21,9 pour 100 de matières minérales et 78,1 pour 100 de matières organiques. La quantité de boues brutes traitées par appareil et par heure a varié entre $1^{m^3},36$ et $1^{m^3},86$ soit en moyenne $1^{m^3},58$. Le rendement en boue centrifugée a été en moyenne de 175 kilogrammes par mètre cube de boue brute, et chaque appareil a produit par heure $287^{kg},5$ de boue centrifugée. Cette boue centrifugée ne renferme plus en moyenne que 72,5 pour 100 d'eau en poids, et son poids spécifique atteint 1,111. Elle renferme de 18,5 à 31 pour 100 de matières minérales et 69,0 à 81,5 pour 100 de matières organiques, aussi se brûle-t-elle facilement quand elle est desséchée; son pouvoir calorifique est alors de 4.000 calories environ. Sa richesse en azote atteint 2,5 pour 100 de la matière sèche. Cette présence de matières azotées, jointe à celle de la potasse, de l'acide phosphorique et de la chaux, en fait un engrais qui n'est pas sans valeur et que les agriculteurs des environs de *Harburg* achètent à raison de 1 mark la voiture.

Quant à l'eau qui s'écoule des appareils de centrifugation, elle est putride et renferme en moyenne 3,7 pour 100 de matières sèches constituées pour la plus grande partie (91 pour 100) par des matières organiques.

Le tableau XII indique l'ensemble des résultats les plus importants obtenus dans ces expériences de *Harburg*.

Les frais de centrifugation comprennent les dépenses de force motrice, d'amortissement des appareils et des bâtiments et les dépenses de main-d'œuvre. Les dépenses de force motrice ont atteint $0^{mk},28$ par mètre cube de boue brute, soit $1^{mk},63$ par 1000 kilogrammes de boue obtenue après centrifu-

gation. L'installation totale revient à 22.000-25.000 marks par appareil installé, non compris les bâtiments et le moteur. En comptant un amortissement à 5 pour 100 de l'appareil et du moteur, les dépenses de force motrice, de main-d'œuvre et les frais généraux divers, on arrive à une dépense de 2^{mk},87 par 1000 kilogrammes de boue centrifugée obtenue. En adoptant ce chiffre, il est facile de calculer, en s'aidant des documents contenus dans les tableaux XI et XII, que la centrifugation des boues entraînerait une dépense journalière de 13 marks environ pour les 3500 mètres cubes d'eau de la ville de *Harburg*. Pour une grande ville produisant journellement, comme la ville de *Paris* 775.000 mètres cubes d'eau d'égout, renfermant en moyenne 1^{gr},25 de matières en suspension par litre, la dépense journalière dépasserait 7.000 francs et il faudrait 400 appareils à centrifugation! La méthode n'est donc applicable qu'aux petites installations.

III. — Sur la séparation des matières en suspension et des graisses des eaux résiduaires, particulièrement au moyen du procédé Kremer (1).

Il est très important de séparer au préalable les graisses des boues des eaux résiduaires, car les boues dégraissées se dessèchent beaucoup plus facilement et se désagrègent plus vite; en outre leur emploi en agriculture est bien plus facile. Le procédé *Kremer* présente sous ce rapport un très grand intérêt. De petits appareils ont d'abord été installés dans un grand nombre de villes allemandes, notamment dans des hôtels, des casernes, des hôpitaux, puis en 1903 on installa le premier grand appareil à *Osdorf*, près de *Berlin*. Depuis juillet 1907, la station de pompes de *Charlottenbourg*, près de *Berlin*, possède trois gros appareils *Kremer*. La ville de *Chemnitz* en a installé en 1905 également trois, et la ville de *Dresde* a entrepris en 1906 des essais avec un gros appareil. Dans ces installations, les eaux résiduaires à traiter étaient très différentes. Les eaux d'*Osdorf* et de *Charlottenbourg* étaient très

(1) D'après Bahse, *Technischen Gemeindeblatt*, XI, n° 11, 1908.

Tableau XI. — **Composition des eaux d'égout de Harburg**

NUMÉROS DU JOURNAL D'ÉCHANTILLONNAGE	NATURE DE L'ÉCHANTILLON	ÉPOQUE DE LA PRISE D'ÉCHANTILLON		TEMPÉRATURE EN DEGRÉS CENTIGRADES		ASPECT EXTÉRIEUR DE L'EAU À L'ARRIVÉE AU LABORATOIRE					RÉACTION
		JOUR	HEURE	DE L'EAU	DE L'AIR	LIMPIDITÉ	TRANSPARENCE EN CENTIMÈTRES	COULEUR	ODEUR	DÉPÔT (quantité, couleur, etc.)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	21
209	Échantillon venant des puits I et II.	18.2.1908	10h30 matin à 3h30 soir	9,0	5,0	très trouble	moins de 1	jaune grise	fécaloïde	abondants flocons gris	faiblement alcaline
226	*Id.*	19.2.1908	*Id.*	9-12	5,0	*Id.*	*Id.*	grise jaunâtre	urineuse	*Id.*	*Id.*
231	*Id.*	20.2.1908	*Id.*	8,5-11	7,5	*Id.*	*Id.*	jaune grise	fécaloïde	*Id.*	*Id.*
237	*Id.*	21.2.1908	*Id.*	9,0	7,0	*Id.*	*Id.*	*Id.*	urineuse	*Id.*	*Id.*
242	*Id.*	22.2.1908	*Id.*	9-12	7,5	*Id.*	*Id.*	*Id.*	putride	*Id.*	*Id.*
247	*Id.*	23.2.1908	*Id.*	8,5-10	7,0	*Id.*	*Id.*	*Id.*	*Id.*	*Id.*	*Id.*
210	Échantillon venant des puits III et IV.	18.2.1908	*Id.*	9,0	5,0	*Id.*	*Id.*	jaune	fécaloïde	*Id.*	*d.*
227	*Id.*	19.2.1908	*Id.*	8-9	5,0	*Id.*	*Id.*	jaune grise	urineuse	*Id.*	*Id.*
232	*Id.*	20.2.1908	*Id.*	8,5	7,5	*Id.*	*Id.*	*Id.*	putride	*Id.*	*Id.*
238	*Id.*	21.2.1908	*Id.*	8,5	7,0	*Id.*	*Id.*	*Id.*	de choux	*Id.*	*Id.*
243	*Id.*	22.2.1908	*Id.*	9,0	7,5	*Id.*	*Id.*	*Id.*	putride	*Id.*	*Id.*
248	*Id.*	23.2.1908	*Id.*	8,5	7,0	*Id.*	*Id.*	*Id.*	urineuse	*Id.*	*Id.*

au moment des expériences de centrifugation.

ANALYSE : UN LITRE D'EAU RENFERME (en milligrammes)									BOUES		PERMANGANATE ABSORBÉ (en milligrammes par litre)	OBSERVATIONS
EAU NON FILTRÉE			EAU FILTRÉE									
MATIÈRES EN SUSPENSION		HYDROGÈNE SULFURÉ	CHLORE	AZOTE					VOLUME EN LITRES PAR MÈTRE CUBE	TENEUR EN EAU POUR 100 EN POIDS		
TOTALES	PERTE AU ROUGE			TOTAL	AMMONIACAL	NITRATÉ	NITRITÉ	ORGANIQUE				
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
504	367	présence	400	85	64	0	0	19	7,5	93,7	461	L'échantillon était déjà en décomposition à l'arrivée au laboratoire. Le dégagement d'hydrogène sulfuré n'était pas encore terminé après 10 jours.
634	628	*Id.*	296	98	76	0	0	22	9,6	93,4	537	Comme 209.
470	427	*Id.*	332	108	88	0	0	20	5,7	91,8	468	*Id.*
410	501	*Id.*	512	113	7 4	0	0	39	3,6	89,0	682	*Id.*
808	570	*Id.*	264	80	66	0	0	14	10,4	92,5	619	*Id.*
96	82	*Id.*	188	96	76	0	0	20	1,8	95,4	411	L'échantillon dégage de l'hydrogène sulfuré deux jours après l'arrivée au laboratoire. Cette formation d'hydrogène sulfuré n'est pas encore terminée après 10 jours.
2056	1714	*Id.*	340	212	181	0	0	31	22,0	90,8	815	L'échantillon était déjà en putréfaction à l'arrivée au laboratoire. Le dégagement d'hydrogène sulfuré n'était pas encore terminé après 10 jours.
428	312	0	252	133	103	0	0	30	6,2	93,3	727	Le dégagement d'hydrogène sulfuré n'a commencé qu'un jour après l'arrivée au laboratoire. Le reste comme 210.
886	693	présence	320	115	92	0	0	25	10,2	91,4	645	Comme 210.
552	401	traces	320	120	93	0	0	27	5.8	91,5	777	*Id.*
622	600	0	206	91	70	0	0	21	5,0	88,1	550	Comme 227.
226	178	0	264	154	121	0	0	33	3,8	94,9	670	*Id.*

TABLEAU XII. — **Récapitulation des résultats les plus importants des essais**

DATE DE L'ESSAI	DURÉE DE L'ESSAI		BOUES BRUTES PROVENANT DES PUITS NUMÉROS				AGE DE CES BOUES	QUANTITÉ TOTALE DE BOUES EN MÈTRES CUBES	POIDS SPÉCIFIQUE DE LA BOUE BRUTE	QUANTITÉ DE BOUES BRUTES TRAITÉES PAR APPAREIL ET PAR HEURE EN MÈTRES CUBES
	heures	minutes	I	II	III	IV	jours			
1	2		3				4	5	6	7
Mardi 18 février	3	35	I	»	»	»	3	10,388	1,022	1,45
Mercredi 19 février	3	38	»	»	III	»	3	11,865	1,017	1,63
Jeudi 20 février	3	05	I	»	»	»	1	8,356	1,012	1,36
Vendredi 21 février	1	31	»	»	III	»	1	5,646	1,021	1,86
Samedi 22 février	4	46	»	II	»	»	6	15,868	1,025	1,66
Totaux	16	35	»	»	»	»	»	52,123	»	»
Valeurs moyennes [1]	»	»	»	»	»	»	»	10,400	1,019	1,58
Essai spécial : Dimanche 23 fév.	»	»	»	»	»	IV	5	5,924	1,010	»

DATE DE L'ESSAI	RENDEMENT EN BOUE CENTRIFUGÉE			POIDS SPÉCIFIQUE	RENDEMENT DE CENTRIFUGATION	NUMÉRO DE L'ÉCHANTILLON	COMPOSITION DU LIQUIDE QUI SORT DES APPAREILS CENTRIFUGES			
	THÉORIQUE	PRATIQUE					EAU POUR 100 EN POIDS	MATIÈRE SÈCHE	MATIÈRES POUR 100 EN POIDS DE LA MATIÈRE SÈCHE	
	kgr	kgr	PAR MÈTRE CUBE DE BOUE BRUTE						MINÉRALES	ORGANIQUES
1	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Mardi 18 février	3127	2 149	207	1,111	68,7	208	95,5	4,5	11,1	88,9
Mercredi 19 février	3793	2 360	199	1,111	62,3	225	96,0	4,0	6,8	95,2
Jeudi 20 février	2456	1 390	166	1,111	56,7	230	96,1	3,9	8,2	91,8
Vendredi 21 février	1404	650	115	1,250	46,3	236	97,2	2,8	7,9	92,1
Samedi 22 février	1580	2 977	188	1,111	64,9	241	96,8	3,2	11,2	88,8
Totaux	»	9 526	»	»	»	»	»	»	»	»
Valeurs moyennes [1]	»	par heure et par appareil $\frac{575}{2} = 287,5$	175	»	60,0	»	96,3	3,7	9,0	91,0
Essai spécial : Dimanche 23 fév.	858	598	101	1,081	69,8	240	»	2,3	7,8	92,2

1. *Remarque.* — Les valeurs moyennes se rapportent seulement aux cinq premiers jours d'essais, car le

de centrifugation des boues faits à Harburg du 17 au 23 février 1908.

N° de l'échantillon	Composition de la boue brute: Eau pour 100 en poids	Matière sèche	Matières minérales (pour 100 en poids de la matière sèche)	Matières organiques (pour 100 en poids de la matière sèche)	N° de l'échantillon	Composition de la boue centrifugée: Eau pour 100 en poids	Eau pour 100 en volume	Matière sèche	Matières minérales (pour 100 en poids de la matière sèche)	Matières organiques (pour 100 en poids de la matière sèche)
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
206 223 228 234 239	92,4 91,7 91,2 93,4 92,2	7,6 8,3 8,8 6,6 7,8	23,0 18,0 25,8 20,0 23,0	77,0 82,0 74,2 80,0 77,0	207 224 229 235 245	74,2 73,6 69,7 72,9 72,3	66,7 65,3 62,6 58,3 65,0	25,8 26,4 30,5 27,1 27,7	31,0 24,0 18,0 28,5 22,1	69,0 76,0 72,0 81,5 77,9
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
»	92,2	7,8	21,9	78,1	»	72.5	63,5	27,5	24,7	75,3
244	96,0	4.0	18,7	8,13	245	72,1	66,5	27,9	22,2	77,8

Nombre des centrifugations	Boue brute par charge en litres	Boue centrifugée par charge en kg	Consommation de force en kilowatts-heure	Consommation de force pour les appareils seuls en kilowatts-heure	Consommation de force par mètre cube de boue en kilowatt-heure	Consommation de force par 1000 kg de boue centrifugée obtenue en kilowatt-heure	Dépenses en comptant 7 pfenning le kilowatt-heure par mètre cube de boue brute en pfenning	Dépenses par 1000 kg de boue centrifugée obtenue en mark
29	30	31	32	33	34	35	36	37
2×61 = 122 2×78 = 156 2×54 = 108 2×23 = 46 2×90 = 180	85 76 77,5 123 88	17,6 15,1 12,9 14,2 16,5	69 67 54 27 84	47,6 46,2 37,3 18,6 58,0	4,6 3,9 4,5 3,3 3,7	22,2 19,6 26,8 28,6 19,5	32,2 27,3 31,5 23,1 25,9	1,55 1,37 1,88 2,00 1,37
»	»	»	»	»	»	»	»	»
»	»	15,2	»	»	4,0	23,3	28,0	1,63
2×16 = 32	185	18,7	30	20,7	3,5	34,6	24,5	2,42

sixième jour, consacré à des essais spéciaux, n'a pas donné lieu à un travail normal de centrifugation.

contaminées et renfermait environ 760 à 1000 milligrammes de matières en suspension par litre; au contraire, les eaux de *Chemnitz* étaient très étendues et renfermaient beaucoup de fines particules qui ne se déposaient que très lentement (55 à 70 pour 100 en 12-24 heures). Dans tous les cas, les résultats obtenus ont été favorables à l'appareil *Kremer*.

Les graisses sont facilement recueillies à la partie supérieure de l'appareil. Quant aux boues qui se déposent au fond, leur traitement dépend des conditions locales. Si la boue dégraissée doit être utilisée par les agriculteurs, elle est enlevée à l'état frais; si au contraire l'utilisation agricole n'est pas possible, la boue est abandonnée à la fermentation en fosse septique, et la dégradation de ces boues dégraissées est très rapide. L'appareil *Kremer*, combiné avec un puits de décantation (système *Imhoff*) est, dans ce cas, particulièrement recommandable.

L'examen de la vitesse du courant dans les différentes parties d'un appareil *Kremer* montre que les particules en suspension peuvent parfaitement se déposer. Tandis qu'à l'entrée, avec une alimentation de 10 litres à la seconde, la vitesse du courant est de 10 millimètres par seconde, elle n'est plus que de 5 millimètres dans la calotte supérieure où se rassemblent les graisses et de $0^{mm},82$ dans la chambre inférieure de dépôt. Sous le rapport de l'alimentation de l'appareil, les essais ont montré qu'on obtient encore une clarification appréciable avec un chargement de 35 litres à la seconde, le chiffre normal étant de 10 litres. Les expériences de Dresde ont démontré en outre qu'au delà de 70 litres par seconde, la clarification ne se produit plus; seules les particules légères de graisses et de cellulose peuvent être retenues à la partie supérieure de l'appareil, avec une vitesse de courant de 25 à 40 millimètres à la seconde. Ces chiffres dépendent d'ailleurs de la nature des eaux à traiter.

Il est parfois nécessaire de faire subir aux boues une décantation artificielle. Sous ce rapport, les essais faits à *Francfort* et à *Chemnitz* avec des appareils centrifuges ont donné des résultats encourageants, car les boues dégraissées se centrifugent aisément à un prix assez peu élevé. En 12 heures, on peut traiter 14 à 16 mètres cubes avec un appareil centrifuge

de *Haubold* (*Chemnitz*); les boues n'ont plus que 60 à 70 pour 100 d'eau et les frais s'élèvent en moyenne à 0^{mk},50 par mètre cube. Avec les appareils centrifuges construits aujourd'hui par *Smulders* (*Rotterdam*), *Egestorff* (*Hannover-Linden*) (1), on peut arriver à traiter avantageusement les boues par cette méthode. L'addition d'un peu de tourbe ou de 1/2 pour 100 de chaux facilite beaucoup le travail.

Les résultats obtenus avec les appareils *Kremer* dans les expériences d'*Osdorf*, et de *Chemnitz* sont réunis dans les tableaux XIII et XIV ci-joints. Les résultats des expériences

TABLEAU XIII.

Essais faits à Osdorf avec l'appareil Kremer.

NATURE DE L'ÉCHANTILLON			MATIÈRES EN SUSPENSION			CLARIFICATION 0/0	
			inorganiques	organiques	totales	de matières totales en suspension	de matières organiques en suspension
1er Essai.	Eau brute		143	413	556		
	Eau clarifiée.	Marche continue	83	365	448	19,4	11,6
		Marche intermittente	65	106	171	69,2	74,2
2e Essai.	Eau brute	Marche intermittente	192	434	626		
	Eau clarifiée.		56	32	88	85,9	92,6
3e Essai.	Eau brute		171	699	870		
	Eau clarifiée.		38	215	253	70,9	69,2

de Charlottenbourg sont exposés dans la note spéciale consacrée à ces essais. Quant aux expériences de *Dresde*, le rapport de M. *Klette* dans le journal *Die Gesundheit*, n° 22, 1907, montre que l'appareil *Kremer* a donné aussi à *Dresde* des résultats favorables. Il résulte de tous ces essais que la séparation des matières en suspension est plus parfaite en marche intermittente qu'en marche continue, et que l'appareil *Kremer* permet la séparation de 50 à 80 pour 100 des matières en suspension en travail discontinu, le chiffre le plus élevé s'appliquant

(1) Voir précédemment la notice spéciale consacrée à ces appareils. (Ce même chapitre, § II)

Tableau XIV. — **Résultats des expériences poursuivies pendant deux ans à la station expérimentale de Chemnitz avec 3 appareils Kremer.**

NUMÉROS	MODE DE TRAVAIL	NOMBRE D'ESSAIS DONT LES CHIFFRES SONT LES MOYENNES	MATIÈRES EN SUSPENSION DANS L'EAU EN MILLIGRAMMES PAR LITRE														
			SÉPARATEUR DES GRAISSES						APPAREILS N°s								
			ENTRÉE			SORTIE			I			II			III		
			TOTAL	ORG.	MIN.	TOTAL	ORG.	MIN.	TOTAL	ORG.	MIN.	TOTAL	ORG.	MIN.	TOTAL	ORG.	MIN.
			mgr.	mgr.	mgr.	mgr.	mgr.	mgr.	mgr.	mgr.	mgr.	mgr.	mgr.	mgr.	mgr.	mgr.	mgr.
1	Appareils I et II, alimentation 10 lit. par seconde, marche intermittente avec séparation des graisses	14	214	89	125	139	63	76	95	39	56	102	42	60	»	»	»
		5	398	122	276	328	99	229	130	55	75	130	55	75	»	»	»
		19	262	98	164	189	73	116	101	42	59	123	47	76	»	»	»
2	Appareils I, II et III, comme ci-dessus	5	177	81	93	144	67	77	95	46	49	109	53	56	91	47	44
		2	362	161	201	323	132	191	173	71	102	202	82	120	146	56	90
		7	230	106	124	195	86	109	117	53	64	136	61	75	107	50	57
3	Nouvel appareil III, alimentation 10 lit. par seconde, marche continue, sans séparation des graisses	7	»	»	»	199	76	123	»	»	»	»	»	»	116	46	70
		2	»	»	»	165	68	97	»	»	»	»	»	»	96	46	50
		9	»	»	»	192	75	117	»	»	»	»	»	»	111	46	65
4	Appareil I amélioré comme ci-dessus n° 3	7	»	»	»	207	76	131	129	49	80	»	»	»	»	»	»
		4	»	»	»	282	65	217	196	48	148	»	»	»	»	»	»
		11	»	»	»	234	72	162	153	49	104	»	»	»	»	»	»
5	Comme le n° 3 ci-dessus, mais avec séparation des graisses	3	249	128	121	268	133	135	»	»	»	»	»	»	195	112	83
6	Appareils I et III, alimentation 10 lit. par seconde, marche intermittente avec séparation des graisses	20	242	123	119	198	104	94	128	79	49	»	»	»	134	81	53
		4	419	131	288	287	103	184	157	76	81	»	»	»	177	74	103
		24	271	124	147	213	104	109	133	78	55	»	»	»	141	80	61
7	Comme le n° 6 ci-dessus, mais avec addition de matières fécales	21	312	175	137	270	157	113	165	97	68	»	»	»	175	105	70
		14	484	249	235	367	175	192	217	112	105	»	»	»	229	119	110
		35	381	204	177	300	163	137	186	102	84	»	»	»	196	111	85
8	Comme le n° 7 ci-dessus. Échantillons de nuit	21	188	109	79	»	»	»	86	50	36	»	»	»	79	42	37
9	Comme le n° 8, échantillons de jour et de nuit. Ensemble	8	257	138	119	»	»	»	111	65	46	»	»	»	115	66	49
10	Appareils I, II et III, alimentation 18l,8 par seconde, marche continue, sans séparation des graisses	3	»	»	»	136	77	59	136	77	59	134	96	68	134	75	59
		4	»	»	»	217	102	115	178	89	89	200	94	106	163	72	91
		1	»	»	»	195	108	87	147	80	67	173	101	77	141	74	67

NUMÉROS	DIMINUTION DES MATIÈRES EN SUSPENSION POUR CENT																		OBSERVATIONS
	(A) DANS LE SÉPARATEUR DES GRAISSES			(B). — DANS LES APPAREILS N°s									(C). — DANS LE SÉPARATEUR DE GRAISSES ET DANS LES APPAREILS, ENSEMBLE N°s									
				I			II			III			I			II			III			
	TOTAL	ORG.	MIN.	TOTAL	ORG.	MIN.	TOTAL	ORG.	MIN.	TOTAL	ORG.	MIN.	TOTAL	ORG.	MIN.	TOTAL	ORG.	MIN.	TOTAL	ORG.	MIN.	
	0,0	0/0	0/0	0/0	0/0	0,0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0,0	
1	36,0	29,2	39,2	31,7	38,1	26,3	26,6	33,3	21,1	»	»	»	55,6	56,2	55,2	52,3	52,8	52,0	»	»	»	Temps sec.
	17,6	18,9	17,0	60,4	44,4	67,2	60,4	44,4	67,2	»	»	»	67,3	54,9	72,8	67,3	54,9	72,8	»	»	»	Temps pluvieux.
	27,9	25,5	29,2	46,4	42,5	49,1	35,0	35,6	34,5	»	»	»	61,5	57,1	64,0	53,0	52,0	53,7	»	»	»	Moyenne.
2	18,6	20,2	17,2	34,0	31,3	36,4	24,3	20,9	27,3	36,8	29,9	42,9	46,3	45,2	47,3	38,4	36,9	39,8	48,6	44,1	52,7	Temps sec.
	10,8	18,0	5,0	46,4	46,2	46,6	37,5	37,9	37,2	54,8	57,6	52,9	52,2	55,9	49,3	44,2	49,1	40,3	59,7	65,2	55,2	Temps pluvieux.
	15,2	18,9	12,1	40,0	38,4	41,3	30,3	29,1	31,2	45,1	41,9	47,7	49,1	50,1	48,4	40,9	42,5	39,5	53,5	52,8	54,0	Moyenne.
3	»	»	»	»	»	»	»	»	»	41,7	39,5	43,1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Temps sec.
	»	»	»	»	»	»	»	»	»	41,8	32,4	48,5	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Temps pluvieux.
	»	»	»	»	»	»	»	»	»	42,2	38,7	44,4	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Moyenne.
4	»	»	»	37,7	35,5	38,9	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Temps sec.
	»	»	»	30,5	26,2	31,8	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Temps pluvieux.
	»	»	»	34,6	32,0	35,8	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Moyenne.
5	0,0	0,0	0,0	»	»	»	»	»	»	27,2	15,8	38,5	»	»	»	»	»	»	21,7	12,5	31,4	Moyenne p[r] temps sec.
6	18,2	13,8	21,0	35,3	24,0	47,9	»	»	»	32,2	22,1	43,6	47,1	35,8	58,8	»	»	»	44,6	34,2	55,5	Temps sec.
	31,5	21,4	36,1	45,3	26,2	56,0	»	»	»	38,3	28,2	44,1	62,5	42,0	71,9	»	»	»	57,8	43,5	64,2	Temps pluvieux.
	21,4	16,1	25,9	37,6	25,0	49,5	»	»	»	33,8	23,1	44,0	50,9	37,1	62,6	»	»	»	48,0	35,5	58,5	Moyenne.
7	13 5	10,3	17,5	38,9	38,2	39,8	»	»	»	35,2	33,1	38,1	47,1	44,6	50,4	»	»	»	43,9	40,0	48,9	Temps sec.
	24,2	29,7	18,3	40,9	36,0	45,3	»	»	»	37,6	32.0	42,7	55.2	55,0	55,3	»	»	»	52,7	52,2	53,2	Temps pluvieux.
	21,3	20,1	22,6	38,0	37,4	38,7	»	»	»	34,7	31,9	38,0	51,2	50,0	52,5	»	»	»	48,6	45,6	52,0	Moyenne.
8	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	54,3	54,1	54,4	»	»	»	58.0	61,5	53,2	Moyenne.
9	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	56,8	52,9	61,3	»	»	»	55,3	52,2	58,8	Moyenne.
10	»	»	»	27,3	29,4	24,4	12.3	11,9	12,8	28,3	31,2	24,3	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Temps sec.
	»	»	»	18,0	12,7	22,6	7,8	7,8	7,8	24,9	29,4	20,9	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Temps pluvieux.
	»	»	»	24,6	25,9	23,0	11,3	11,1	11,5	27,7	31,5	23,0	»	»	»	»	»	«	»	»	»	Moyenne.

aux eaux fortement contaminées. En marche continue, les essais faits à *Charlottenbourg* ont conduit à une séparation de 60 à 70 pour 100 des matières en suspension. Mais la marche discontinue, qui exige un nombre double d'appareils, n'est pas indispensable, et on doit la réserver pour le cas des eaux très difficiles à clarifier. La teneur en eau de la couche surnageante est en moyenne de 72 pour 100, celle du dépôt de 87 pour 100. L'eau qui sort de l'appareil *Kremer* s'épure beaucoup plus facilement par les procédés biologiques ou par l'épandage.

IV. — Expériences faites a Charlottenburg avec l'appareil Kremer (1).

Ces essais ont été faits à la station de pompes de *Charlottenburg*, avec deux appareils *Kremer*, reliés chacun à une fosse septique. La disposition des appareils permettait de marcher soit d'une façon continue, soit d'une façon intermittente, et d'employer les deux appareils isolés ou réunis ensemble à la suite l'un de l'autre. La figure 10 représente la disposition des deux appareils. L'appareil I, du système *Kremer-Imhoff*, était muni d'une fosse à boues; son volume total était $64^{mc},3$, dont $28^{mc},5$ pour la chambre de clarification et 35 mètres cubes 8 pour la fosse à boues. Sur ces $35^{mc}8$, $24^{mc}1$ étaient utilisables pour le dépôt des boues. La chambre de clarification était séparée de la fosse à boues par des parois obliques laissant entre elles seulement les deux ouvertures s et s_1, libres pour le passage des dépôts. L'évacuation des boues fermentées se faisait par une canalisation s'ouvrant, en forme d'entonnoir renversé, au point le plus bas de la fosse. L'appareil II était du type *Kremer* simple; sa chambre de clarification dont les dimensions atteignaient $2^m,91$ pour la longueur, 4 mètres pour la largeur et $2^m,43$ pour la profondeur, avait une contenance de $28^{mc},5$.

L'eau traitée provenait de la canalisation de *Charlottenburg*,

(1) D'après le rapport de C. Zahn et K. Reichle. *Mitteilungen aus der Königl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung u. Abwässerbeseitigung* zu *Berlin*, 1908, heft 10.



construite d'après le système unitaire et débitant environ 30000 mètres cubes par jour. Cette eau passait d'abord dans la fosse à sables de la station de pompes, puis à travers un réservoir fermé muni d'une grille, dont les barreaux, distants de 2 centimètres, retenaient les corps flottants. Cette eau d'égout était assez concentrée; elle renfermait par litre 264

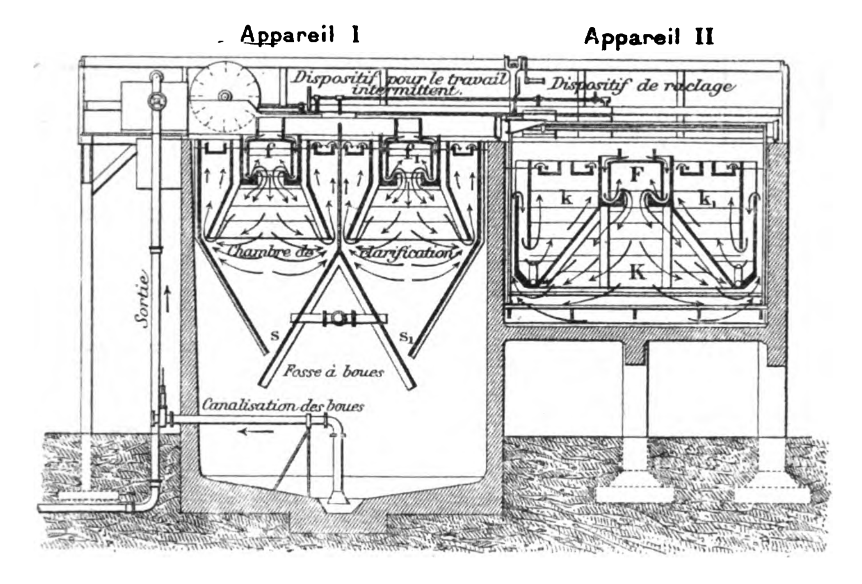


Fig. 10. — Appareil Kremer.

milligrammes de chlore, 85 milligrammes d'azote total dont 59 milligrammes d'azote ammoniacal et 26 milligrammes d'azote organique. La quantité totale de matières en suspension variait entre 413 et 1432 milligrammes par litre, soit en moyenne 726 milligrammes. Les matières en suspension ayant plus d'un millimètre de grosseur variaient entre 22 et 650 milligrammes par litre, soit en moyenne 196 milligrammes ou 27 pour 100 des matières totales en suspension.

Les résultats obtenus ont été les suivants :

1er Essai. — *Marche intermittente; passage de l'eau pendant 12 minutes dans chaque appareil, puis arrêt pendant 24 minutes.*

DATE de L'ESSAI	DURÉE DE MARCHE par jour		NUMÉRO de L'APPAREIL	QUANTITÉ D'EAU qui a traversé l'appareil	MATIÈRES EN SUSPENSION séparées 0/0	QUANTITÉ D'EAU en mc. traitée par heure de marche et par mc. de chambre de clarification
	Heures	Minutes		mc.		
4/7/07	10	30	I	68	65,4	0,239
			II	68	68,7	
5/7/07	10	30	I	73	77,7	
			II	73	77,3	
6/7/07	10	30	I	78	80,7	
			II	78	80,3	
8/7/07	8	45	I	55	53,0	
			II	55	55,7	
9/7/07	8	20	I	58	63,3	
			II	58	63,1	

On voit qu'avec ce mode de travail et avec une alimentation journalière d'environ 66 mètres cubes, on a obtenu avec chacun des appareils la séparation de 68 à 69 pour 100 des matières en suspension.

2e Essai. — *Marche intermittente; passage de l'eau pendant 17 minutes dans chaque appareil, puis arrêt pendant 17 minutes.*

DATE de L'ESSAI	DURÉE DE MARCHE par jour		QUANTITÉ D'EAU qui a traversé les appareils	MATIÈRES EN SUSPENSION séparées 0/0		QUANTITÉ D'EAU en mc. traitée par heure de marche et par mc. de chambre de clarification
	Heures	Minutes	mc.	dans l'appareil I	dans l'appareil II	
10/7/07	10	30	207	58,1	57,2	0.400
12/7/07	11	»	231	52,1	51.7	
13/7/07	11	»	328	43,6	84.9	
15/7/07	10	30	225	63,7	66,1	

Dans ces conditions, avec une alimentation journalière moyenne de 123mc,6, on a obtenu dans l'appareil I la séparation de 54,4 pour 100 et dans l'appareil II, la séparation de 65,0 pour 100 des matières en suspension.

3° Essai. — *Marche continue des deux appareils réunis ensemble à la suite l'un de l'autre.*

DATE de L'ESSAI	DURÉE DE MARCHE par jour		QUANTITÉ D'EAU qui a traversé les appareils	MATIÈRES EN SUSPENSION séparées 0/0			QUANTITÉ D'EAU en mc. traitée par heure de marche et par mc. de chambre de clarification
	Heures	Minutes		dans l'appareil I	dans l'appareil II	TOTAL	
			mc.				
17/7/07	11	»	236	»	»	80,5	0,360
19/7/07	10	30	185	64,5	5,0	69,5	
23/7/07	10	30	205	74,4	6.6	81,0	
24/7/07	10	30	246	61,7	1,0	62,7	

On voit que, dans ces conditions, avec une alimentation journalière moyenne de 218 mètres cubes, on a obtenu en moyenne la séparation de 73,4 pour 100 des matières en suspension. Le second appareil n'a retenu qu'une faible quantité de fins dépôts, surtout composés de matières organiques.

Essais 4 et 5. — *Marche continue des deux appareils séparément.*

DATE de L'ESSAI	NUMÉRO de L'APPAREIL	DURÉE DE MARCHE par jour		QUANTITÉ D'EAU qui a traversé l'appareil	MATIÈRES EN SUSPENSION séparées 0/0	QUANTITÉ D'EAU en mc. traitée par heure de marche et par mc. de chambre de clarification
		Heures	Minutes			
				mc.		
17/7/07	I	11	»	236	44.2	0,668
19/7/07	I	10	30	185	64,5	
23/7/07	I	10	30	205	74,4	
24/7/07	I	10	30	246	61,7	
3/8/07	I	10	30	163	59,4	
29/7/07	II	11	30	209	64,1	
31/7/07	II	11	30	196	53,9	
2/8/07	II	11	30	218	64,0	
5/8/07	II	11	20	211	70,6	
7/8/07	II	10	30	212	50,2	

On voit en outre que, pour une alimentation journalière de 207-209 mètres cubes, à peu près la même pour les deux appareils, la séparation des matières en suspension a atteint 60,8 pour 100 pour l'appareil I et 60,6 pour 100 pour l'appareil II.

La couche de matières grasses séparées a été recueillie dans ces divers essais, et les résultats obtenus ont été les suivants :

NUMÉRO de L'ESSAI	NUMÉRO de L'APPAREIL	QUANTITÉ D'EAU ayant fourni la couche de graisses	POIDS de la couche de graisse fraîche en kg.	TENEUR EN GRAISSES DE LA COUCHE 0/0 totale kg.	de la substance fraîche	de la substance sèche	TENEUR EN EAU de la couche de graisses 0/0
		mc.					
1	I	451	6,1	1,214	19,9	79,6	75,0
	II	451	16,2	3,532	21.8	80,3	72,9
2	I	721	18,8	3,873	20,6	82,4	75 0
	II	721	31,9	6,922	21,7	77,0	71,7
3	I	1361	27,1	5,735	21,2	81,8	74,1
	II		2,3	0,145	6,3	52,9	88.1
4 et 5	I	1287	21,5	4,825	22,4	41.4	45,8
	II	1200	30,1	6.381	21.2	84,8	75,0

On voit que l'appareil I a toujours donné une séparation des graisses plus faible que l'appareil II. Ce fait tient très probablement à la vitesse trop faible de l'eau à son passage dans le séparateur de graisses de l'appareil I, avec l'alimentation relativement réduite de 51,55 par seconde. Cette vitesse n'était en effet que de 5 millimètres par seconde dans l'appareil I au lieu de 10 millimètres dans l'appareil II, et on a constaté également dans les autres installations qu'une alimentation trop faible, qui réduit la vitesse du courant pendant le passage dans le séparateur de graisses, a une influence défavorable sur l'élimination des matières grasses. Ce n'est qu'avec une alimentation assez forte que la séparation des matières en suspension se fait sous la forme d'une couche supérieure relativement riche en graisses et d'un dépôt inférieur relativement pauvre en graisses.

Dans ces essais, la teneur en graisses de la couche supérieure a été en moyenne de 21,3 pour 100 de la substance fraîche et de 75,3 pour 100 de la substance sèche. Par mètre cube d'eau traité, on a séparé en moyenne 4^{gr},007 de graisses avec l'appareil I et 7^{gr},583 avec l'appareil II.

Les boues ont été laissées dans les appareils pendant toute la durée des essais, puis mesurées et soumises à l'analyse. On a retiré de l'appareil I 9^{mc},1 de boues et de l'appareil II 9^{mc},88,

soit en tout 18^{mc},98, correspondant environ à 6000 mètres cubes d'eau traitée. Les appareils ont donc séparé 3^{l},2 de boues fraîches par mètre cube d'eau traitée. Dans des essais faits auparavant avec la même eau dans six bassins successifs de décantation et avec un chargement par heure de travail et par mètre cube de capacité voisin, pour les trois premiers bassins, de celui qui a été adopté pour les essais avec les appareils *Kremer*, on a séparé environ 3^{l},5 de boues fraîches par mètre cube d'eau traitée. Le résultat pratique obtenu avec les appareils *Kremer* est donc satisfaisant et on peut dire que ces appareils séparent ce qui est pratiquement possible à séparer, les autres matières ne se déposant qu'avec une extrême lenteur.

La teneur des boues en eau a été de 88,6 pour 100 dans l'appareil I et de 85,4 pour 100 dans l'appareil II. La gazéification dans la fosse de l'appareil I a commencé à se manifester nettement au 14e jour de travail. Les gaz dégagés remplissaient en 9 heures au 20e jour de travail et en 3 h. 1/2 au 30e jour une grande bouteille de 16 litres de capacité. Ces gaz étaient constitués par un mélange de méthane, d'acide carbonique, d'hydrogène sulfuré et d'azote.

V. — Utilisation des boues.

Nous avons déjà exposé dans les précédents volumes de ces recherches (vol. II, p. 228, III, pp. 102-107) les diverses méthodes employées ou proposées pour le traitement et l'utilisation des boues. Nous rappellerons ici deux intéressants procédés allemands et nous exposerons un nouveau procédé expérimenté à *Oldham*.

A *Cassel* (*Allemagne*) les eaux d'égout sont traitées par simple sédimentation. Les boues déposées dans les bassins de décantation sont extraites par le vide après évacuation du liquide surnageant. Elles sont additionnées d'acide sulfurique dans un réservoir en bois, de façon à ce que le liquide soit légèrement acide au rouge Congo. Après repos, il se sépare une certaine quantité d'eau qui est évacuée. Débarrassées ensuite des matières volumineuses par criblage, les boues sont portées

à l'ébullition par un courant de vapeur puis, reprises par des monte-jus, elles sont passées au filtre-presse. Les tourteaux obtenus contiennent 50 à 60 pour 100 d'eau. Ils sont alors séchés sur des cylindres par la vapeur surchauffée jusqu'à ce qu'ils ne contiennent plus que 20 à 30 pour 100 d'eau.

Les tourteaux secs sont traités par déplacement par des benzols ou pétroles (de densité 0,8). Par distillation on récupère le benzol et la matière grasse est purifiée. Cette dernière vaut alors 375 francs la tonne. Le tourteau épuisé contient 2 à 2,5 pour 100 d'azote et 1 pour 100 d'acide phosphorique. Il peut être vendu comme engrais à un prix modéré.

Dans les bassins de décantation on recueille environ 80 pour 100 des matières en suspension des eaux d'égout. La boue sèche contient 18 pour 100 de matières grasses, dont 15 pour 100 peuvent être extraites. On traite annuellement 15000 mètres cubes de boues à 90 pour 100 d'eau, soit environ 1500 tonnes de tourteaux secs. On en sépare 240 tonnes de matières grasses et il reste 1350 tonnes de tourteaux engrais.

Nous avons exposé dans le volume précédent le procédé employé à *Koepenick*, qui consiste à brûler les boues mélangées de lignite. En règle générale, les boues ne peuvent être brûlées que si elles sont séchées au préalable de façon à ne plus contenir que 10 à 20 pour 100 d'eau ou mélangées à des produits secs comme les gadoues ou ordures ménagères.

On a aussi proposé, pour l'extraction des graisses, l'emploi du tétrachlorure de carbone qui est plus coûteux que les autres dissolvants (750 francs la tonne); mais les pertes peuvent être réduites à 1 pour 100 et il a l'avantage d'être un produit non combustible, par suite peu dangereux à manier.

*
* *

On a expérimenté l'an dernier, à *Oldham* (*Angleterre*), un procédé de traitement des boues d'eaux d'égout dû au *D*[r] *J. Grossmann*. Ce procédé supprime le caractère nauséabond des boues, leur épandage sur les terres ou leur transport à la mer, et, d'après l'inventeur, au lieu d'entraîner à des dépenses, donne un sous-produit d'une réelle valeur marchande.

L'eau d'égout, séparée des matières volumineuses qu'elle entraîne, est recueillie dans des bassins de décantation. Après

un repos suffisant, on laisse écouler l'eau; les boues contenant environ 90 pour 100 d'eau sont passées au filtre-presse. Les gâteaux obtenus contiennent encore 50 pour 100 d'eau; ils sont additionnés d'un produit chimique non indiqué et soumis à la distillation par un courant de vapeur surchauffée dans un appareil spécial. La vapeur entraîne les graisses qui se condensent dans des terres réfrigérantes et surnagent sur l'eau sous la forme de masses floconneuses. Dans l'appareil distillatoire il reste une poudre noire sèche sans odeur et qu'on dit être riche en azote.

On peut ainsi obtenir, paraît-il, plus de 5 pour 100 de graisses et 312 à 356 kilogrammes de résidu sec par tonne de boue pressée. Cette poudre sèche mélangée aux phosphates donne un bon engrais.

Le D[r] *Grossmann* estime la valeur de la graisse de 184 à 246 francs la tonne. Les dépenses d'exploitation pour un traitement continu sont de 6 fr. 15 par tonne de boues pressées, ce qui laisserait un bénéfice appréciable. Le « *Oldham Health Committee* » est, paraît-il, très satisfait des expériences.

CHAPITRE VII

TRAVAUX RÉCENTS SUR LE FONCTIONNEMENT DES LITS BACTÉRIENS

I. — Expériences de Lawrence avec les lits bactériens[1].

Les expériences de huit années relatées par *H. W. Clarck*, sont la continuation de celles de *Hiram Mills* qui ont servi de base à nos connaissances actuelles sur les procédés biologiques d'épuration des eaux d'égout.

En juin 1889, à la suite d'expériences avec des lits de pierres cassées et de gros gravier, *Mills* établit que l'épuration de l'eau d'égout par nitrification et l'élimination des bactéries ne sont pas des phénomènes mécaniques, mais proviennent de transformations chimiques, résultant du lent passage du liquide en mince couche sur la surface des pierres au large contact de l'air.

Les lits percolateurs ne peuvent pas être substitués aux filtres à sable qui retiennent pratiquement toutes les matières en suspension dans l'eau d'égout, mais ils permettent l'oxydation totale des matières putrescibles de l'eau en laissant passer dans l'effluent la plupart des produits de cette oxydation et les substances difficilement décomposables.

Avec des lits de matériaux fins de 3 mètres ou $3^{m},30$ de profondeur, l'eau d'égout de *Lawrence* peut être épurée au taux de $1^{m^3},763$ par mètre carré et par jour. L'effluent est bien nitrifié et presque toujours imputrescible, mais contient des matières en suspension. Dans certains cas cet effluent peut être évacué tel quel, mais le plus souvent on trouvera nécessaire de le faire passer dans un bassin de décantation ou de le filtrer sur sable.

(1) Résumé d'une note de H.-W. Clarck, *Engineering News*, 11 août 1907.

Lorsque l'eau d'égout subit un traitement préliminaire, fosses septiques ou bassins de décantation, on peut accroître le volume traité.

Dans les lits de pierres cassées de 6 à 25 millimètres de diamètre, les eaux déversées au taux de 1^{m^3},109 par mètre carré et par heure traversent 0^m,75 par heure et cette vitesse de translation peut être triplée dans les lits profonds, sans nuire à l'épuration. Avec un lit composé de pierres en couches séparées de grosseurs variables de 150 à 200 millimètres, puis de 100 à 150 millimètres, puis de 50 à 100 millimètres, puis de 12 à 50 millimètres et enfin une mince couche de coke et de charbon, avec un déversement égal, les eaux ont une vitesse de translation de 1^m,80 par heure. Dans les lits de scories l'eau passe plus lentement à taux de déversement égal par suite de la rugosité de la surface des matériaux, car la surface de ruissellement est plus grande que pour les pierres. Aussi ces lits sont-ils plus efficaces à profondeur égale que ceux de pierres. La vitesse de translation de l'eau est moitié moins grande que pour les lits de pierres de même grosseur. Cependant ces lits de scories ont le grave désavantage de se désagréger et on ne peut s'en procurer partout économiquement, tandis que les pierres se trouvent toujours sur place. De plus on peut craindre avec les lits de scories, plus qu'avec ceux de pierres, de retenir les matières déversées et, par suite, le colmatage.

La nitrification est d'autant plus active que le lit est plus profond. Toutes conditions égales, un lit de 3 mètres de profondeur laissera écouler un effluent contenant 4 fois plus de nitrates qu'un lit de 1^m,50 de profondeur : en d'autres termes, en doublant la profondeur du lit, on quadruple la nitrification. Si on en juge par les tests de putrescibilité, l'efficacité des lits ne s'accroît pas d'une façon aussi importante avec la profondeur des lits, mais cependant elle s'accroît rapidement.

Les essais ont été effectués avec des distributeurs par gravitation. D'un tuyau recourbé, l'eau tombe sur une sorte de petite cuvette qui la fait jaillir autour d'elle circulairement.

Pendant l'hiver 1906-1907, par un froid allant à —21° il a été possible d'employer ces lits. Or on sait que les lits de grande

surface doivent être attentivement surveillés l'hiver pour que les distributeurs fonctionnent toujours.

Lorsque la surface se colmate par suite de la multiplication trop intense de moisissures et de petits vers ou de zooglées microbiennes, on peut l'arroser avec un peu de sulfate de cuivre qui les fait disparaître. Le lit continue ensuite à donner de bons résultats.

II. — ÉTUDE DES DISTRIBUTEURS POUR LITS BACTÉRIENS A PERCOLATION [1].

La principale difficulté technique dans la construction des distributeurs consiste à assurer une efficace distribution des eaux à épurer sur les lits. Les eaux doivent être déversées lentement et également sur toute la surface du lit et, de plus, complètement aérées; en d'autres termes elles doivent être distribuées en fines gouttelettes.

Le distributeur *Stoddart* et les différents types de sprinklers mobiles employés en Angleterre sont théoriquement parfaits, et les insuccès, quand il y en a, sont dus aux imperfections de construction ou au manque de soins dans l'entretien. D'un autre côté, les becs pulvérisateurs fixes et le système de distribution par gravitation couvrent seulement une partie de la surface du filtre. Dans ce cas les eaux mouillent un cercle soit seulement 78 pour 100 de la surface environnante.

Pour étudier quantitativement l'efficacité de distribution des différents systèmes, on construisit l'appareil suivant : il consiste en un bassin circulaire en béton de ciment de 4m20 de diamètre, dont le fond est en pente vers un tube central en communication avec un tuyau de 50 millimètres passant sous le fond. A ce tube sont fixés les divers appareils distributeurs. Au tube central est ajusté un collier en fer, pouvant tourner librement, supportant la pointe d'une plate-forme en bois couvrant un secteur de 30°, de 150 millimètres de hauteur, et divisée en 12 compartiments par des cloisons concentriques espacées de 157 millimètres. Quand cette cuve tournait autour

(1) D'après WINSLOW, PHELPS, STORY et MAC RAC, *Technology Quaterly*, septembre 1907, Boston (Massachussets).

du tube de distribution, pendant la durée d'une expérience, l'égalité de distribution était mesurée par la quantité d'eau récoltée dans les différents compartiments; dans les positions fixes variées, l'auge donnait les inégalités radiales.

Le tube de distribution du centre du bassin était muni à son autre extrémité d'un faisceau vertical de tubes courts de 50 millimètres, dont on employait un nombre voulu pour régler le débit. Au sommet du faisceau était une boîte en bois, alimentée par un tuyau, avec un trop-plein juste au-dessous du sommet. La différence entre le niveau de l'eau dans cette boîte et le niveau du bec pulvérisateur au centre du bassin représentait approximativement la pression effective dans la distribution. Le taux d'écoulement était, par suite, déterminé d'après la pression et le bec employé. Il était estimé dans chaque cas par la décharge totale d'un bassin mesureur et par le temps d'écoulement.

Pour l'étude des distributeurs par gravitation on disposait au-dessus et à une hauteur déterminée un caniveau maintenu par deux tiges traversant diamétralement le bassin. Un orifice de 18 millimètres permettait l'écoulement de l'eau qui jaillissait en tombant sur un disque. Le volume d'eau écoulée est, dans certaines limites, avec ce distributeur, indépendant de la hauteur de chute : aussi a-t-on simplement fait varier les orifices, dont la section permettait de calculer le débit.

Chaque compartiment de la cuve a été jaugé de façon à savoir à quel volume correspondait chaque hauteur de liquide.

Pour l'expérience, la cuve était tournée lentement à la main et on l'arrêtait lorsqu'un des compartiments était presque plein. On notait le temps et le volume d'eau écoulés.

Calcul du coefficient d'efficacité des distributeurs. — Le distributeur est un jet pulvérisant l'eau sur une surface circulaire. Suivant un rayon de cette surface, on dispose une série de petites cuves carrées, de surface connue qu'on peut prendre comme unité; on suppose, de plus, que la distribution le long de ce rayon est la même que celle effectuée sur les autres rayons. Les variations selon les rayons seront minimes et la supposition peut être complètement réalisée, si l'on fait tourner cette série de petites cuves autour du centre du cercle, pendant l'expérience. Lorsque celle-ci aura une durée suffi-

sante, on l'arrête et on mesure le volume d'eau récoltée dans chaque cuve.

A titre d'exemple le tableau suivant montre les résultats obtenus :

Cuve.	Distance radiale D.	Quantité d'eau Q.	D × Q	Quantités en excès (Ex Q).	D × Ex Q.
1	0,5	0,8	0,4	»	»
2	1,5	1,6	2,4	0,14	0,21
3	2,5	2,7	6,8	1,24	3,10
4	3,5	2,5	8,8	1,04	3,65
5	4,5	2,3	10.3	0,84	3,78
6	5.5	1,9	10,4	0,44	2,43
7	6,5	1,5	10,0	0.04	0,26
8	7,5	1,3	9,8	»	»
9	8,5	1,0	8,5	»	»
10	9.5	0,6	5,7	»	»
Totaux. .	50		73,1		13,43

Dans la 1[re] colonne sont donnés les numéros des cuves, le n° 1 étant au centre. Dans la colonne 2 (D) sont données les distances du centre du distributeur au centre de la cuve, le côté de la cuve étant pris pour unité de distance. Dans la 3[e] colonne (Q) sont données les quantités d'eau mesurées dans chaque cuve après l'expérience. Aucune unité de volume ne dut être employée puisqu'il suffisait de connaître les hauteurs d'eau dans chaque cuve, celles-ci étant proportionnelles aux volumes.

Si l'on porte les valeurs de Q en ordonnées et celles de D en abscisses, on obtient une courbe montrant la distribution relative de l'eau suivant le rayon (fig. 11). Cette courbe (A) montre le taux de déversement par unité de surface à tout point dont la distance du centre est connue : ce sera la courbe de distribution radiale. Puisque la distribution radiale mesurée est supposée être la moyenne de toutes les distributions radiales, l'ordonnée de cette courbe à une distance donnée du centre montre le taux de déversement sur tous les points d'une circonférence décrite autour de ce centre à la distance donnée de ce dernier. Donc pour obtenir une courbe montrant la distribution sur tout le cercle, c'est-à-dire sur une infinité de circonférences, il est nécessaire de multiplier l'ordonnée pour chaque point du rayon par la longueur de la circonférence

correspondante, ou, ce qui revient au même relativement, par la distance radiale du point en question. Dans la colonne 4 ($D \times Q$) se trouvent les nombres obtenus par ces opérations : ces quantités représentent les taux relatifs de déversement de

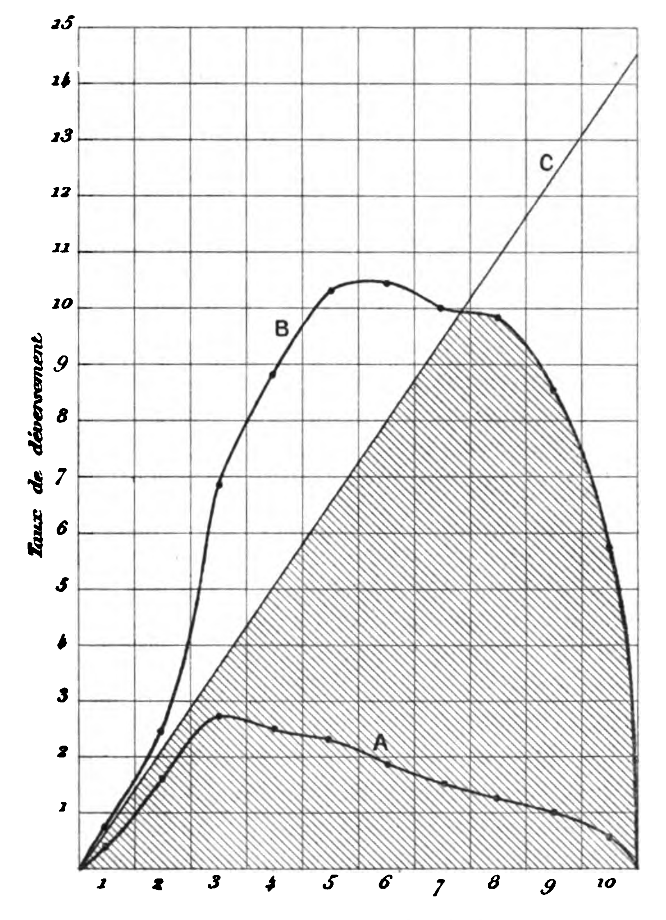


Fig. 11. — Diagramme de distribution.

l'eau sur les anneaux successifs concentriques du cercle, l'épaisseur des anneaux étant l'unité et leur distance du centre étant les distances correspondantes D. On peut maintenant porter ces nouvelles valeurs en abscisses et obtenir une nouvelle courbe (B) qui est la courbe de distribution sur la surface mouillée.

Dans cette courbe, l'ordonnée de chaque point indique le taux relatif de déversement de l'eau sur une circonférence à la distance correspondante du centre, la surface de chaque bande verticale montre le déversement total relatif sur l'anneau correspondant du cercle, et la surface totale de la courbe représente le déversement total de l'eau par le distributeur.

Il est aussi nécessaire de construire la courbe de parfaite distribution. Cette courbe sera telle que le déversement sur chaque unité de surface sera égal, d'où les déversements sur toutes les circonférences seront directement proportionnels à leurs longueurs, c'est-à-dire à leurs rayons. Ce sera donc une ligne droite passant par l'origine. Son obliquité sera déterminée graphiquement par ce fait que la surface de la courbe représentera le déversement total de l'eau par le distributeur et sera égale à la surface déterminée précédemment. On peut déterminer cette dernière surface par le planimètre et connaissant la base du triangle on déduit la hauteur. Elle peut être calculée plus facilement mais moins sûrement en additionnant les nombres de la colonne $Q \times D$ et divisant la somme par le rayon du cercle mouillé $\frac{73,1}{50,0} = 1,46 = M$. Ce sera la courbe C.

Connaissant la courbe expérimentale de distribution et la courbe parfaite, il reste à tirer une expression mathématique du rapport de ces deux courbes. Les courbes ont une surface commune qui est marquée par des hachures. De ce qui précède il est évident que plus ces deux courbes coincideront, plus la distribution sera parfaite. Une comparaison directe entre la surface commune et la surface totale donnera, par suite, une expression de l'efficacité de la distribution. Si la distribution est parfaite, le rapport sera égal à l'unité ; si la distribution est mauvaise, la surface commune sera petite et le rapport très bas. De plus, une étude plus attentive de ces courbes indique que deux courbes de distribution peuvent présenter un rapport égal mais des différences suivant la disposition des surfaces montrant des conditions actuellement différentes mais identiques en ce qui regarde la distribution relative.

Si l'on définit par le terme d'*excès de déversement* la partie du déversement d'un distributeur qui coule sur une surface

de filtre en excès sur le taux moyen pour la surface totale (représenté graphiquement par la partie de la surface inscrite par la courbe A en dehors des hachures), on peut dire que le coefficient de distribution est le rapport entre le déversement total moins l'excès de déversement, et le déversement total, soit coefficient de distribution :

$$\frac{T-E}{T},$$

ou plus simplement

$$1-\frac{E}{T}.$$

On peut déterminer ces surfaces au planimètre en employant des papiers spécialement quadrillés. On peut aussi calculer la surface hors de la courbe commune en déterminant l'excès au-dessus de la courbe de complète distribution, donné par la distance entre chaque point de la courbe A et le point correspondant de la courbe C. Ces nombres ont été portés dans la 5[e] colonne du tableau (Ex Q). Dans la 6[e] colonne, ces nombres sont multipliés par les valeurs de D correspondantes. La somme des valeurs de (Ex $Q \times D$) peut être comparée à la somme des valeurs de $D \times Q$ et, pour l'expérience relatée dans le tableau, on peut calculer le coefficient de distribution.

$$C = 1-\frac{E}{T} = 1-\frac{13,4}{73,1} = 0,82.$$

Le coefficient brut ainsi obtenu se rapporte à l'efficacité du distributeur sous les conditions données et figuré par la surface du cercle mouillé; il reste à en tirer le coefficient corrigé vrai, basé sur la surface totale du filtre, comprenant les coins non mouillés entre les cercles. Chaque surface mouillée est inscrite dans une surface dont le côté est la distance entre les centres des distributeurs voisins. Soit *Sq* la surface et *Cir* le cube mouillé, le coefficient corrigé sera

$$C = c \times \frac{\text{Cir}}{\text{Sq}}.$$

Cette correction réduira les coefficients à moins de 78 pour 100 de leur valeur pour la surface mouillée. En pratique, toutefois, il serait avantageux de disposer les distributeurs non suivant

deux axes se coupant à angle droit de telle sorte que chacun soit au centre d'un carré, mais sur 3 axes inclinés à 120° de façon que chacun soit au centre d'un hexagone. Dans le premier cas, la surface non mouillée est de 21,5 pour 100 et dans le second seulement de 9,9 pour 100 de la surface totale. La disposition hexagonale permet de faire agir 343 distributeurs au lieu de 303 par la disposition carrée et sans augmenter le déversement sur une partie quelconque de la surface mouillée, les quantités d'eaux déversées sont comme 2000 à 2700.

Distributeurs par gravitation. — Ces distributeurs se composent d'un disque plus ou moins incurvé planté dans le filtre, sur lequel tombe un filet d'eau qui jaillit sur la surface environnante.

Les meilleurs résultats sont obtenus dans les conditions suivantes :

1° Le débit sur chaque distributeur sera environ de 4 litres 54 par minute, soit pour un débit de 2218 litres par mètre carré, 840 distributeurs par hectare, espacés de 3m,35.

2° La distance séparant le tuyau d'écoulement et le filtre sera aussi grande que possible : 0m,60 est suffisant ; 1m,20 donne de bons résultats ; mais avec 1m,80 ils sont meilleurs. Lorsqu'on peut disposer d'une hauteur encore plus grande, on emploiera avec avantage des disques larges et profonds.

3° La hauteur de chute sur le distributeur sera de 0m,60 à 1m,20. La meilleure détermination de la hauteur sera précisée dans chaque cas.

4° Un simple disque concave en métal donne les meilleurs résultats.

5° Le meilleur diamètre de disque est 75 millimètres. Lorsque le taux de distribution est plus faible, on doit employer de plus petits disques; inversement de plus grands disques seront indiqués pour les débits plus importants.

A moins que les disques soient trop larges, il est avantageux d'augmenter la concavité autant que possible. Pour les disques de 75 millimètres, une courbure correspondant à un rayon de 50 millimètres a donné les meilleurs résultats; on peut accroître le rayon de courbure jusqu'à ce que le disque soit une hémisphère. Avec les disques larges, les plus grands rayons de courbure sont nécessaires.

Distributeurs par pression — Les systèmes de becs pulvérisateurs fixes sont très variés (*fig.* 12).

A *Salford*, on expérimenta d'abord une coiffe en forme de disque placée un peu au-dessus du bec de façon à briser le jet d'eau et à le réduire en pluie ; puis on essaya de briser le jet par le choc de deux courants; enfin, on adapta un bec garni d'une série de trous arrangés en spirale. *Barwise* à *Derbyshire* décrivit un modèle analogue au premier de *Salford*. A *Birmingham*, on emploie un bec dans lequel l'eau passe à travers un espace annulaire étroit et se brise en frappant le bas d'un tampon de métal placé un peu au-dessus.

En Amérique, les premiers essais furent faits à *Columbus* où on expérimenta un type de bec rappelant celui de *Salford* : l'eau était déversée par 8 tuyaux de laiton de 3 millimètres sous un angle de 45° avec la verticale, dans un espace compris entre deux cônes. Ce bec se bouchant trop rapidement dut être abandonné. Le dernier modèle a été décrit par *Gregory*; il consiste en un bec en bronze à un seul orifice de 13^{mm},5 de diamètre avec les bords arrondis, sur lequel est fixé par deux tiges minces, un cône retourné de 90°, l'axe du cône coïncidant avec l'axe de l'orifice. Le jet en sortant de l'orifice frappe le cône et se transforme en une pluie de fines gouttelettes.

A *Waterbury*, *M. Taylor* a imaginé un autre type. Il a remarqué que, dans le type de *Columbus*, les tiges supportant le cône séparent d'une façon fâcheuse la pluie formée, surtout lorsque ces tiges se recouvrent de cultures de moisissures. De plus, il déclare que l'uniformité de distribution, obtenue par l'effet d'un simple cône sur la pression de 1^{m},50 n'est pas satisfaisante. Pour remédier à ce défaut, il eut l'idée de placer un cône secondaire plus bas sur l'orifice, dans le but d'intercepter une partie de l'eau et de la distribuer sur le cinquième intérieur de la surface circulaire arrosée par le bec. Ce résultat fut obtenu par une ouverture dans le cône le plus bas, légèrement plus étroite que l'orifice du bec, le diamètre de l'ouverture dans ce cône étant ainsi par rapport au diamètre de l'orifice du bec dans une proportion telle que les 4/5 du jet passent au travers du cône le plus bas pour être pulvérisés, et le 1/5 restant est intercepté par le cône le plus bas et pulvérisé sur la surface centrale.

Les résultats comparatifs des essais pour déterminer les coefficients de chaque modèle travaillant dans les meilleures conditions sont rapportés ci-dessous (Pression de 1m,20 pour le bec de Birmingham et de 1m,80 pour les autres).

Type.	Débit en litres par minute.	Coefficient brut.	Coefficient corrigé.	Nombre de becs par hectare sous un débit de 22.180 m^3 par jour.
—	—	—	—	—
Meilleur distributeur par gravitation	18,52	0,76	0,62	840
Salford (ancien modèle)	13,11	0,44	0,41	1193
— *(nouveau* — *)*	9,53	0,78	0,67	1648
Birmingham	9,08	0,80	0,80	1730
Columbus	67,19	0,61	0,30	232
Waterbury	47,21	0,73	0,22	331

Les becs américains à pression montrent par ces nombres une efficacité de distribution inférieure. Ils couvrent bien la surface mouillée dans les meilleures conditions, mais leur débit est si grand que, au taux de 2^{m3},218 par mètre carré et par jour, ils laissent entre eux une grande surface et leurs coefficients corrigés sont très bas. Il faut remarquer cependant qu'avec un débit de 4^{m3},436 par mètre carré et par jour, pour lequel le bec *Columbus* a été construit, les coefficients corrigés sont beaucoup plus élevés. Le bec *Columbus* offre de grands avantages par la simplicité de sa construction et par son grand orifice si ce débit excessif peut être diminué par l'emploi de bassins à siphons.

Les meilleurs distributeurs par gravitation (disque de métal de 75 millimètres avec cavité d'un rayon de 50 millimètres) ont donné de très bons résultats sans la complication de bassins à siphons. Les ouvertures les plus petites des tubes d'écoulement pour éviter l'obstruction ont un diamètre de 18 millimètres. L'entretien en est facile.

Le *Salford* nouveau modèle et le *Birmingham* donnent les meilleures distributions. Avec une pression de 1 m. 80 le *Birmingham* fournit un coefficient de 0,69 et avec une pression de 1 m. 20 le coefficient est encore meilleur : 0,80, la distribution étant presque parfaite. Ces bons résultats dépendent malheureusement de l'emploi de becs qui se bouchent très facilement. Les ouvertures du *Salford* ont un diamètre de

7 mill. 5 et le cône est tout à fait propre à retenir les matières en suspension dans l'eau. Celles de *Birmingham* ont un diamètre de 3 mill. 8; le tampon mobile indique que même en

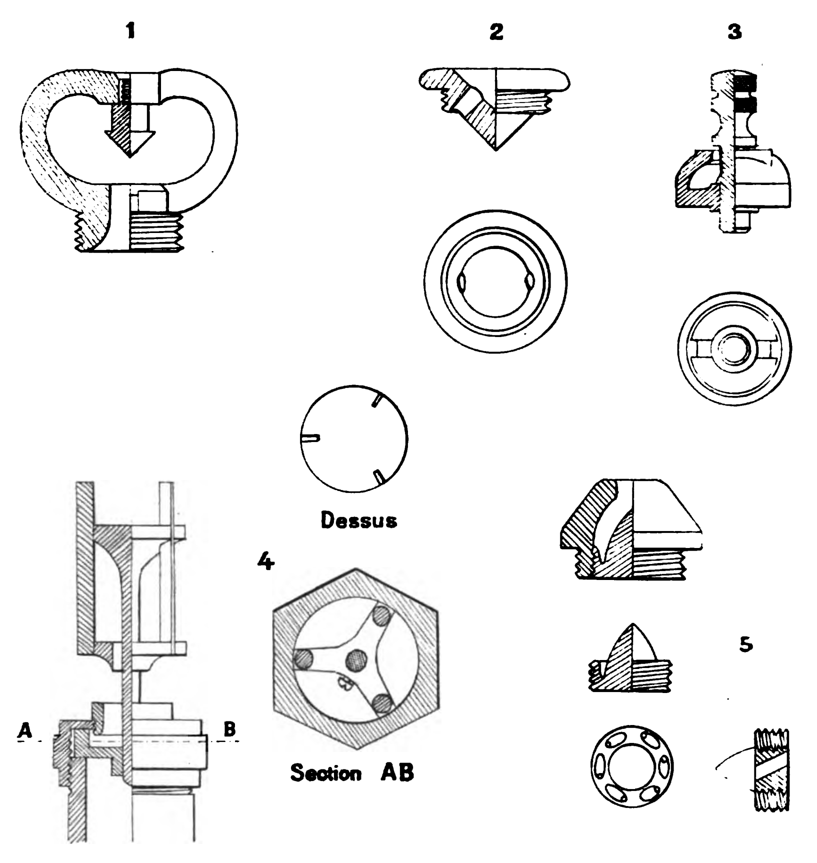


Fig. 12. — Principaux types de bacs pulvérisateurs.

1. — Columbus.
2. — Salford (ancien modèle).
3. — Birmingham.
4. — Waterbury.
5. — Salford (nouveau modèle).

recevant l'effluent de fosse septique décanté, il exige beaucoup de soins. D'autre part, l'eau brute peut être pulvérisée par le bec *Columbus* ou par le distributeur par gravitation sans crainte d'obstruction.

III. — Durée de l'écoulement de l'eau au travers des lits a percolation.

William Clifford[1] a cherché à déterminer la durée de l'écoulement du liquide au travers des lits à percolation.

Dans les lits bactériens à percolation, les matériaux retiennent l'eau à épurer un certain temps pendant lequel les matières organiques sont oxydées et l'eau est rendue imputrescible. Si le volume d'eau traitée peut être réglé de telle sorte que l'oxydation soit juste suffisante pour détruire la matière organique, la durée d'écoulement du liquide au travers du lit donnera une mesure de l'oxydation produite.

On a établi que la durée de l'écoulement de l'eau à travers un lit à percolation varie de 2 à 8 minutes. Pour déterminer cette durée, on a répandu simplement un liquide coloré à la surface du lit pendant son fonctionnement et on a noté le moment où s'écoule le premier liquide coloré. Pour cette méthode on ne mesure que la durée d'écoulement d'une petite quantité du liquide ajouté et on ne tient pas compte de tout le liquide répandu à la surface. On ne voit d'ailleurs pas pourquoi on a choisi le moment de la première sortie de liquide coloré plutôt que celui du dernier écoulement.

On peut définir la durée d'écoulement d'un volume de liquide, le temps moyen d'écoulement de toutes les molécules de ce volume. Pratiquement, on observe la distribution du liquide en expérience et on calcule la distribution moyenne. On obtient ainsi des chiffres indiquant la durée moyenne.

Au lieu d'un liquide coloré, l'auteur a employé une solution de chlorure de sodium. Le lit d'expérience était formé d'un tuyau en poterie de 450 millimètres de diamètre et de 0 m. 70 de hauteur, rempli de gravier criblé de 18 à 25 millimètres : la distribution était faite par une cuvette à renversement déversant le liquide sur une plaque perforée. On distribuait l'eau à intervalles réguliers au taux de $0^{m^3},998$ par mètre carré et par

(1) *Journal of Chemical Industry*, mai 1907 et juillet 1908.

jour. Après une heure de fonctionnement on remplit la cuvette de la solution de chlorure et l'eau ordinaire continua à être déversée. Des échantillons prélevés toutes les 5 minutes permirent de se rendre compte de la quantité de chlore éliminé à ces moments.

Le temps moyen est obtenu en calculant, par la méthode des moments, le taux moyen de chlore combiné après en avoir déduit le chlore préexistant dans l'eau ordinaire. Soit P la minute correspondante à la quantité de chlore Q, on a :

$$\frac{\Sigma P \times Q}{\Sigma Q}.$$

La durée d'écoulement est évidemment fonction de la grosseur des matériaux composant le lit et du volume d'eau distribuée.

Matériel.	Grosseur en mm.	Quantité d'eau en m³ déversée par jour par mètre carré.	Durée d'écoulement en minutes.
Charbon	15 à 18	1,181	24,3
—	—	0,889	31,7
—	—	0,519	45,6
—	5 à 6	1,166	54,7
—	—	0,894	64,3
Gravier.	18 à 25	1,210	15,0
—	—	0,988	17,6
—	—	0,761	22,0
—	6 à 12	1,215	33,7
—	—	0,975	40,0
—	—	0,766	44,1

Les durées données peuvent sembler longues ; mais si l'on tient compte du volume d'eau retenu par les matériaux, on pourra calculer que, si l'on suppose un renouvellement complet de cette eau pendant un temps donné, il faudra une distribution déjà assez abondante de liquide. De plus, il n'y a pas seulement déplacement de liquide, il y a aussi mélange des eaux nouvelles avec les eaux retenues auparavant.

Une autre méthode de détermination de la durée d'écoulement du liquide au travers des lits à percolation a été décrite dans le rapport de 1904 du *Massachusets State Board of Health*. Elle consiste à verser de la solution de chlorure de sodium sur le lit en fonctionnement jusqu'à ce que la proportion de

chlore soit constante dans l'effluent. En prélevant des échantillons à intervalles déterminés et en y dosant le chlore, on peut établir des courbes qui sont différentes de celles proposées par l'auteur qui a comparé les deux méthodes.

Ces deux méthodes donnent des résultats comparables. Ainsi dans une expérience avec un lit de sable fin, l'auteur a obtenu une durée d'écoulement de 32 minutes par la méthode d'emploi du chlorure de sodium en une seule fois, contre 31,9 minutes par la méthode de *Lawrence*.

Cette dernière montre, par l'élimination des chlorures, que l'eau est chassée du lit par déplacement, mais qu'aussi il y a dilution de l'eau qui est retenue par les matériaux dans l'eau nouvelle ajoutée.

IV. — Sur le mode d'action des lits bactériens construits en ardoises (*slate beds*).

Nous avons décrit l'an dernier[1] les lits bactériens de *Dibdin* dont les matériaux sont formés de plaques d'ardoise posées à plat et séparées les unes des autres par des fragments de la même substance.

Récemment a paru[2] un travail très intéressant de *Dibdin* sur les transformations que subissent les matières organiques qui se déposent sur les ardoises.

Si l'on examine superficiellement le dépôt qui recouvre une ardoise d'un lit en fonctionnement, on voit un ensemble de débris formant un amas ayant l'aspect de la boue ordinaire des bassins de décantation. Mais cette boue ne répand aucune odeur; de plus, elle se sèche rapidement sans se putréfier. Si l'on chauffe modérément un peu du dépôt, il s'y produit un mouvement et une grande quantité de vers s'en échappe pour se soustraire à l'action de la chaleur. Ce sont des organismes nettement aérobies dont le pouvoir de digestion est considérable et c'est principalement à leur action qu'est dû l'humus

(1) Vol. III, p. 85.
(2) *Sanitary Record*, 1er janvier 1909.

inoffensif qui s'échappe des « *slate-beds* » avec l'effluent, ce qui empêche l'accumulation qui produit le colmatage des lits de contact formés de gros matériaux. Si l'on examine le dépôt au microscope, on voit un grand nombre d'êtres vivants autres que les vers.

Par ce simple examen, il est évident qu'au lieu d'une masse inerte, c'est une ruche d'êtres vivants actifs et voraces depuis les plus simples bactéries jusqu'aux types organisés comme les vers, les larves, etc..., une vraie collection d'animaux qui, comme ceux d'un jardin zoologique, se nourrissent des aliments qui leur sont distribués chaque jour, et qui, aussi longtemps que cette distribution est régulière, remplissent leurs fonctions vitales et détruisent la matière organique de ce que nous appelons la boue. Le processus étant uniquement celui de la digestion, les excrétions d'un groupe servent à la nourriture du groupe inférieur.

Ce processus peut être suivi de jour en jour en plaçant de petites ardoises dans une soucoupe, en mettant sur cette *terre vivante* de petits fragments de viande, pain, etc..., et versant de l'eau seulement pour la couvrir complètement. Après une heure ou deux on décante avec précaution l'eau, de façon à ne pas entraîner le dépôt. On laisse l'ardoise exposée librement a l'air, de préférence à une douce température.

En examinant de temps en temps, on voit le morceau de viande rouge se couvrir d'un dépôt gris qui est souvent complet en 4 ou 5 heures. Si l'on enlève une parcelle de ce dépôt gris et qu'on l'examine au microscope, on voit une quantité considérable de bactéries dont beaucoup sont douées d'une grande mobilité lorsqu'elles ne sont pas agglomérées en masses de zooglées, ce qui arrête leurs mouvements rapides.

On continue les observations en immergeant l'ardoise tous les jours pendant 2 heures. Au bout de peu de jours les morceaux de viande, etc..., deviennent invisibles et sont englobés dans une masse d'humus noir qui finit par les absorber en totalité.

Il est évident que pareilles transformations s'effectuent dans les *slate-beds*. Lorsque ces lits sont pour la première fois remplis, pendant le contact de 2 heures, les matières solides

se déposent sur les ardoises. Jusqu'à ce qu'il se soit constitué une *terre vivante*, l'action est faible mais, principalement pendant la saison chaude, les organismes se développent rapidement et attaquent la nourriture qui leur est offerte, exactement comme font toutes les espèces qui vivent dans les rivières; et si le rapport entre les organismes, la nourriture et l'air est convenablement réglé, l'action se produit indéfiniment sans dégagement d'aucune odeur nauséabonde.

Le tableau suivant résume les expériences conduites comme nous l'avons exposé.

V. — Sur le rôle des bactéries dans les procédés biologiques d'épuration des eaux d'égout.

William Mair [1] a présenté récemment comme thèse à l'Université d'Edimbourg un travail dont l'idée lui fut suggérée par le professeur *Lorrain Smith* qui avait déjà étudié cette question lorsque la ville de Belfast l'avait chargé, avec le professeur *Letts*, de rechercher quel était le meilleur mode d'application des procédés biologiques pour l'épuration des eaux d'égout de cette ville.

Lorrain Smith avait remarqué (1901) que le nombre des bactéries était réduit par le passage des eaux d'égout dans les lits de contact, mais aussi que cette réduction était d'autant plus importante que les résultats chimiques de l'épuration étaient meilleurs. Il montra que la réduction du nombre des bactéries n'était pas due à l'épuisement de l'élément nécessaire dans l'eau d'égout, mais qu'il devait y avoir d'autres agents qui concouraient à la disparition de l'azote et à la destruction des bactéries. Ainsi, dans un ballon de bouillon ensemencé avec de l'eau d'égout, la disparition de l'azote peut atteindre 12 pour 100 en 5 jours, mais elle peut être quelquefois nulle. D'un autre côté si, dans le même bouillon, on immerge des briques retirées d'un lit de contact, on constate en 5 jours une disparition de l'azote qui peut atteindre 70 pour 100. Ces

[1] William Mair, *The Journal of Hygiene*, 1908, p. 609.

TABLEAU XV. — **Expériences sur la rapidité de la destruction des matières solides dans les « Slate-beds », effectuées avec le dépôt prélevé sur les ardoises des lits de Malden, Surrey.**

SUBSTANCES	PREMIER JOUR APRÈS 20 HEURES	2e JOUR	3e JOUR	4e JOUR	5e JOUR
Pain	Masses de zooglées, cellules d'amidon, canaux en spirale, bactéries mobiles, leptothrix, conserves vertes, etc. Pain désorganisé.	Nombreuses bactéries, cellules d'amidon très attaquées et déformées.	Pain complètement dissocié, leptothrix abondants, oscillaires, monades, clostridium, quantité de granules ronds, etc.		
Beurre	Amas de globules graisseux.	Globules graisseux avec matière granuleuse brune (formes de vers?).	Matière granuleuse brune avec spirilles, leptothrix et globules graisseux.	Membrane de cellules de microcoques et bacilles, etc.	Beurre réduit en une mince pellicule.
Fromage	Amas de bactéries variées, bacilles, microcoques, streptocoques, etc.	Abondance de colonies de bacilles mobiles.	Bouquet de cristaux étoilés entremêlés de nombreuses bactéries mobiles ou non.	Globules graisseux avec bacilles et diplocoques.	Le fromage réduit en une mince couche pâteuse.
Laitue	Chlorophylle attaquée, bacilles, diplocoques, zooglées, leptothrix, etc.	Matière tourbeuse, bactéries variées.	Matière granuleuse, leptothrix, bactéries, monades, amibes, infusoires, etc.	Débris indéfinissables, laitue désagrégée en amas granuleux sans bactéries (action des vers).	Les dernières traces de laitue disparaissent.
Porc cuit maigre.	Vase noire au-dessus, enduit chocolat à la surface. Bactéries, infusoires enkystés.	Viande à l'état fibreux, fibres musculaires englobées dans une masse de zooglées de bactéries, grand nombre de spirilles et bacilles mobiles, anguillules et vers.	Fibres musculaires très dégradées. Spirilles, bacilles mobiles, monades, zooglées, oscillaires, etc., avec d'abondants microcoques.	Fibres musculaires entièrement détruites, bacilles mobiles, spirilles, monades, oscillaires, anguillules, vers, etc.	La viande est réduite à une mince écume grise formée d'organismes variés.
Tendon de porc rôti, très dur.	Organismes abondants, bactéries variées séparées ou en masses zoogléiques.	Nombre considérable de microcoques et monades.	Abondance de microcoques, spirilles, monades, cellules granuleuses, mycélium de champignons.	Quantité de matière granuleuse brune, anguillules, vers, monades, bactéries nombreuses, zooglées, oscillaires, etc.	Tendon réduit en une masse grise molle.
Gras de jambon. .	Leptothrix, streptothrix, nombreuses masses de zooglées.	Globules graisseux et bactéries variées.	Globules graisseux, matière granuleuse brune, bactéries, etc.	Globules graisseux, masses zoogléiques, spirilles, etc., infusoires, oscillaires, etc.	Gras réduit en une masse pâteuse molle.
Eaux résiduaires de brasserie dans les eaux d'égout.	Cellules de levure partiellement détruites, leptothrix, masses zoogléiques, infusoires variés.	Toute odeur d'eau résiduaire de brasserie est disparue, dépôt gris à la surface.			

briques étaient recouvertes d'un sédiment peuplé d'organismes végétaux et animaux et d'un amas analogue à celui qui s'était déposé dans les autres bouillons. *Lorrain Smith* concluait que cette couche de sédiment sur les briques, consistant principalement en organismes végétaux et animaux, était essentielle pour obtenir l'épuration dans les lits, et qu'une certaine proportion de l'azote disparaissant servait à édifier les corps de ces organismes.

« Dans le cycle des êtres vivants, dit *Lorrain Smith*, les bactéries ont la première place, due sans doute à leur puissance de reproduction rapide, mais aussi elles disparaissent les premières. Dans les lits de contact, il y a une grande destruction des bactéries, et cette extermination comprend non seulement la réduction de nombre observée, mais aussi la prolifération dans le lit, et l'on peut mettre celle-ci en lumière si les échantillons sont pris dans des conditions favorables à la culture microbienne. Avec cette hypothèse, il est facile de comprendre pourquoi le rapport de destruction des bactéries sera en relation directe avec le pourcentage d'épuration. Nous pouvons supposer que les bactéries ont assimilé dans leur corps la plus grande partie de l'azote; elles servent alors à la nourriture des infusoires qui vivent dans le sédiment sur les briques, puis ces infusoires sont la proie des vers et ces derniers, passant dans la rivière, deviennent à leur tour la nourriture des poissons. L'azote par ces moyens indirects passe des lits bactériens dans les tissus animaux. Tout l'azote qui peut entrer dans ce cycle disparaît de l'eau d'égout qui est ainsi épurée en partie de ce fait. Établir ce cycle et mesurer la grandeur d'un des passages, c'est mesurer la capacité générale de l'économie vitale pour assimiler l'azote utile à un stade donné, ou à tous les stades de son existence. Mesurer le rapport de destruction des bactéries, c'est donc mesurer le pourcentage d'épuration : de là la correspondance entre les deux rapports. »

Les expériences rapportées par *William Mair* ont été effectuées avec un lit à percolation avec sprinkler rotatif alimenté par l'effluent d'une fosse septique, et avec des lits de contact alimentés par un mélange de l'effluent de la fosse septique et de l'effluent du lit à percolation, ce dernier contenant une

forte proportion de nitrates. Comme, dans les lits de contact, les nitrates disparaissent, ils furent appelés *lits dénitrifiants*.

1re PARTIE. — *Étude bactériologique des lits de contact et des lits à percolation et recherche de la disparition de certains groupes de bactéries.* — Les lits de contact, au nombre de cinq, étaient formés de matériaux divers : briques, scories, coke, pierres calcaires, de grosseur variant de 3 à 62 millimètres. Chaque lit comprenait à la partie supérieure de plus gros matériaux qu'à la partie inférieure. Le lit à percolation était formé de segments composés de matériaux correspondant à un des lits de contact.

L'auteur a déterminé :

1° Les espèces cultivées sur gélatine à 22° ;

2° Les espèces cultivées sur gélose à 37°;

3° Les espèces sporulées vivant sur gélatine à 22° (aérobies).

4° Le *bacille coli* ;

5° Les *streptocoques* ;

6° Le *bacillus enteridis sporogenes*.

Il a noté une diminution progressive du nombre des bactéries, d'abord de moitié dans le sewage décanté, puis encore de moitié dans la fosse septique ouverte, le liquide y séjournant six heures. Mais la plus grande réduction apparaît dans les lits de contact.

Le *bacterium coli* et les *streptocoques* sont proportionnellement moins réduits en nombre que les autres groupes, et si ces organismes sont pris comme représentant la classe des microbes pathogènes, on ne peut dire que cette classe est détruite dans la méthode biologique d'épuration.

La diminution des germes dans la décantation et dans la fosse septique est un phénomène mécanique, les microbes étant entraînés par les matières en suspension qui se déposent ; au contraire, dans les lits, la réduction des bactéries est beaucoup plus grande dans le même temps. Ceci prouve clairement que cette disparition des germes n'est pas uniquement mécanique, mais due aussi à d'autres facteurs comme le montre la concordance des résultats chimiques et bactériologiques.

Voici les résultats obtenus avec les lits de contact :

	BACTÉRIES			RÉSULTATS CHIMIQUES		
				AMMONIAQUE		OXYGÈNE
	GÉLATINE	GÉLOSE	SPORES	libre	albuminoïde	absorbé
Eau d'égout (fosse à sable)	50.0	45,0	31,0	gain 12	25	23
Effluent de fosse septique	75,4	76,3	74,0	gain 40	45	38
Effluent de lit :				perte		
Contact A.	92,3	91,2	95,8	85	74	83
— B.	89,0	76,7	86,0	45	71	77
— D.	92,0	82,3	86.0	56	73	81
— F.	92,2	80,0	89,0	52	79	79
— G.	91,6	83,0	90,0	37	73	73

Pour les lits à percolation, la réduction des bactéries est comparable à celle des lits de contact, mais elle est beaucoup plus importante que celle du lit de contact donnant les meilleurs résultats. D'après la composition de l'effluent de la fosse septique, l'auteur a obtenu les nombres suivants :

	RÉDUCTION 0/0 DES BACTÉRIES		ÉPURATION 0/0		
			AMMONIAQUE		OXYGÈNE
	à 22°	à 37°	libre	albuminoïde	absorbé
Lit à percolation . .	93,4	96	71,5	51	65
Lits de contact. . .	69	65	89	55	72

Ces résultats montrent que la réduction des bactéries n'est pas une mesure de l'épuration chimique quand les procédés sont différents. Au contraire, si l'on compare des lits de contact formés de matériaux différents, mais utilisés de la même façon, les résultats chimiques et bactériologiques sont analogues, comme nous l'avons vu plus haut.

2e Partie. — *Étude de la dénitrification.* — On sait que les nitrates, au contact de certains composés organiques, sont

détruits avec dégagement d'azote gazeux ou d'oxydes gazeux d'azote : c'est ce qu'on appelle la *dénitrification* (¹).

En 1904, *Letts* a montré que lorsqu'on ajoute du nitrate de potasse (25 milligr. d'azote nitrique par litre) à un effluent de fosse septique, tout le nitrate disparaît en 24 heures, et, dans quatre expériences sur huit, il a retrouvé la quantité théorique d'azote sous la forme d'azote gazeux ou d'oxyde, ce dernier est faible en proportion seulement. Dans une expérience pour laquelle il se servit d'effluent de fosse septique filtré à la bougie de porcelaine, il n'obtint pas de disparition de nitrates. Il trouva aussi que, si l'on mélange en parties égales de fosse septique et l'effluent de lit bactérien à percolation, les nitrates disparaissent en un ou deux jours. Il lui apparut que cette décomposition peut être plus rapide si les effluents mélangés étaient traités dans un lit de contact. Pour cette raison, *W. Mair* construisit les *lits dénitrifiants* qui ont été indiqués plus haut, et il fut trouvé que dans ces lits les nitrates disparaissaient après trois heures de contact.

C'est pour étudier l'action biologique de la dénitrification indiquée par l'expérience de *Letts* avec les effluents filtrés à la bougie que *Mair* a entrepris ces recherches.

Après avoir vu que la dénitrification est plus rapide à mesure que la température s'élève, ce qui montre que les agents en sont les microbes, *Mair* a isolé un certain nombre de bactéries dénitrifiantes. Les unes, les bactéries *dénitrifiantes vraies*, donnaient un dégagement d'azote gazeux, les autres, qu'il appelle *Bacillus hyponitrosus*, ne donnaient pas de dégagement d'azote gazeux mais de l'ammoniaque.

Les bactéries dénitrifiantes sont essentiellement aérobies ; cependant elles peuvent vivre dans des conditions anaérobies en présence de nitrates dont elles empruntent l'oxygène. D'un autre côté, avec une très bonne aération, ces bactéries vivent sans attaquer les nitrates.

W. Mair a estimé le nombre de bactéries dénitrifiantes par

(¹) Selon GRIMBERT (*Bulletin de l'Institut Pasteur*, 15 décembre 1904), les bactéries dénitrifiantes se divisent en deux groupes : 1° les *bactéries dénitrifiantes vraies*, qui attaquent directement le nitrate en dégageant de l'azote ; 2° les *bactéries dénitrifiantes indirectes*, qui n'attaquent les nitrates que par l'intermédiaire des substances amidées avec, vraisemblablement, le concours des acides.

deux méthodes. La première consistait à ensemencer 1 centimètre cube de dilutions successives de l'eau dans une solution de peptone contenant 20 milligrammes de nitrate de potassium par litre et, après incubation de trois ou quatre jours, il recherchait les nitrates. Dans la deuxième, il ensemençait avec 1 centimètre cube les mêmes dilutions des tubes à fermentation de *Durham* contenant un bouillon à 0,25 pour 100 de nitrate. Le dégagement de gaz indiquait la décomposition des nitrates. Ces deux méthodes ne donnent pas les mêmes résultats, car dans la première les nitrates peuvent être réduits en nitrites seulement, ce qui n'est pas le fait de bactéries dénitrifiantes vraies.

L'exemple suivant montre ces différences en même temps que la fréquence de ces bactéries :

	DILUTIONS				
	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{100}$	$\frac{1}{1000}$	$\frac{1}{10.000}$	$\frac{1}{100.000}$
1re *Méthode.*					
Effluent de fosse septique.	—	+	+	+	pas de culture.
— de lit percolateur.	+	+	0	0	id.
— — dénitrifiant.	—	+	+	0	id.
— — —	—	+	+	0	id.
2e *Méthode.*					
Effluent de fosse septique.	—	+	+	0	
— de lit percolateur.	0	0	0	pas de culture.	0
— — dénitrifiant.	—	+	0	id.	pas de culture.
— — —	+	0	0	id.	id.

Le signe + indique la disparition de la réaction des nitrates ou la formation de gaz; le signe 0 indique que les nitrates persistent et qu'il ne se dégage pas de gaz; le signe — que l'essai n'a pas été fait.

Il est à remarquer que l'effluent du lit percolateur contient encore des bactéries dénitrifiantes, bien que, si on le met à l'incubation. la quantité de nitrates qu'il contient ne diminue pas (1). On peut expliquer ce fait parce que l'effluent de ces

(1) Nous avons noté souvent, au contraire, une augmentation des nitrates dans les effluents des lits de *la Madeleine*.

lits ne contient plus assez de matières organiques pour assurer la vie des ferments dénitrifiants. En effet, un bacille dénitrifiant ensemencé dans l'effluent de lit percolateur filtré à la bougie, ne s'est pas développé; mais par l'addition d'une petite quantité de bouillon nutritif, la dénitrification apparut aussitôt.

En conclusion, il est probable que, dans les lits de contact, une proportion considérable de l'azote organique disparaît sous forme gazeuse, par suite de la nitrification suivie de dénitrification, et on peut se rendre compte de ce phénomène en comparant les effluents de lits à double contact et d'un lit à percolation. Dans les lits de contact, il disparaît environ 50 pour 100 de l'azote sous la forme gazeuse.

La proportion de nitrate trouvée dans un effluent n'est pas une indication précise de l'épuration, c'est plutôt la mesure de l'aération de l'eau épurée qui est importante.

On comprend par suite, pourquoi un effluent contenant une forte proportion de nitrates se putréfie moins facilement qu'un effluent moins riche en nitrates. Les bactéries dénitrifiantes empruntent aux nitrates l'oxygène nécessaire pour brûler les matières organiques comme dans les conditions de vie aérobie. Si on ensemence le *B. hyponitrosus* dans une solution de peptone et de nitrate, la peptone est transformée plus facilement en ammoniaque qu'en l'absence de nitrates, il ne se forme pas d'indol, produit typique de putréfaction; et aussi longtemps qu'il y a des nitrates on ne perçoit aucune odeur de putréfaction.

CHAPITRE VIII

NÉCESSITÉ DU CONTROLE DE L'ÉPURATION DES EAUX D'ÉGOUT MÉTHODES SIMPLES A ADOPTER

Aux termes des articles 21 et 25 de la loi du 15 février 1902 relative à la protection de la santé publique, le Conseil supérieur d'hygiène de France, les Conseils départementaux et les Commissions sanitaires doivent être consultés sur les projets d'assainissement et sur les dispositifs d'épuration d'eaux d'égout ou d'eaux-vannes ménagères ou industrielles.

Or, la plupart des projets d'assainissement et des dispositifs d'épuration récemment soumis à l'examen desdits Conseils ou Commissions, bien qu'établis en apparence conformément aux données scientifiquement admises, fournissent après leur réalisation des résultats défectueux et, loin d'améliorer les conditions de salubrité des localités et des cours d'eau, ils constituent au contraire de réels dangers pour la santé publique.

Il paraît donc indispensable d'imposer aux autorités sanitaires locales ou régionales l'obligation de contrôler fréquemment l'efficacité de l'épuration obtenue et d'interdire les déversements d'eaux d'égout ou d'eaux-vannes ménagères ou industrielles insuffisamment épurées, non seulement dans les cours d'eau, mais aussi à la surface du sol lorsqu'une nappe aquifère souterraine servant à l'alimentation de puits voisins est susceptible d'être contaminée.

Pour que ce contrôle soit pratiquement réalisable, il faut qu'il puisse être effectué par des moyens très simples. Il faut en outre que, tenant compte des circonstances ou des dispositions spéciales à chaque localité, les autorités sanitaires n'exagèrent pas les difficultés du problème à résoudre et sachent se borner à exiger que les eaux usagées soient rendues imputrescibles aux nappes souterraines ou aux cours d'eau. Il

serait évidemment déraisonnable d'imposer aux municipalités ou aux industriels l'obligation de rendre aux rivières ou aux fleuves une eau plus pure que celle qu'on peut leur emprunter.

*
* *

Quel que soit le procédé employé, on peut admettre que l'épuration est satisfaisante et que l'eau traitée peut être évacuée sans inconvénients quand elle ne renferme aucune matière en suspension susceptible de se déposer sur les bords ou dans le lit des rivières, ni aucune matière en solution capable, soit de fermenter en dégageant des gaz nauséabonds, soit d'intoxiquer les êtres vivants, animaux ou végétaux.

Il n'est pas possible d'établir des règles invariables basées sur des résultats d'analyses. Ceux-ci n'ont de valeur que pour déterminer le meilleur procédé à appliquer dans telle ou telle circonstance et pour comparer sur une même eau d'égout *avant* et *après* traitement, le degré d'efficacité du procédé choisi.

Hormis certains cas très exceptionnels, la *pureté bactériologique* ne saurait être exigée. On ne peut l'obtenir ni par l'irrigation intermittente sur sol nu ou cultivé, ni par les méthodes biologiques artificielles. Si les eaux d'égout épurées doivent servir à l'alimentation d'agglomérations urbaines en aval de leur point de déversement, il sera toujours nécessaire d'assurer leur purification complète par l'un quelconque des procédés de stérilisation applicables aux eaux de ruissellement.

Les eaux d'égout traitées par les méthodes biologiques artificielles renferment le plus souvent à leur sortie des lits bactériens un grand nombre de germes saprophytes qui jouent un rôle très actif dans les processus d'épuration. Ces germes s'éliminent d'eux-mêmes lorsque la matière organique a disparu : ils ne contribuent en aucune manière à polluer les rivières qui les reçoivent, et ils ne constitueraient une cause de souillure pour celles-ci que s'ils trouvaient dans l'eau de ces rivières un milieu organique favorable à leur multiplication.

En règle générale, on peut donc ne tenir aucun compte de leur présence lorsque l'eau épurée qui les véhicule ne renferme plus de substances organiques putrescibles et a subi

une nitrification satisfaisante. Il est d'ailleurs facile de constater qu'ils n'accroissent pas l'impureté des rivières, en faisant la numération des germes contenus dans l'eau de ces rivières sur deux échantillons prélevés en plein courant, l'un en amont, l'autre en aval à quelques centaines de mètres du point de déversement.

L'élimination aussi complète que possible des matières en suspension est autrement importante : c'est elle surtout qu'il faut exiger. La *Commission royale anglaise* pour l'étude des procédés d'épuration des eaux d'égout fixe à $0^{gr},03$ pour 1000 (dont $0^{gr},02$ de matière organique et $0^{gr},01$ de substances minérales) le maximum de ces matières en suspension qu'on peut considérer comme tolérable. Nous proposons d'admettre cette limite qui, dans les installations d'épuration biologique convenablement aménagées, ne doit jamais être dépassée.

Il convient également d'attacher un grand intérêt à la détermination de la *putrescibilité* par l'épreuve très simple connue sous le nom de « test d'incubation » (1).

Cette épreuve consiste à prélever, dans un flacon stérile, après décantation ou filtration sur papier, un échantillon de l'eau supposée épurée. Le flacon, bouché à l'émeri, est conservé pendant 7 jours à l'étuve à la température de 30 degrés. On titre, avant et après cette « incubation », la quantité d'oxygène que l'eau est susceptible d'emprunter au permanganate de potasse en 4 heures (2).

Si cette eau contient des matières organiques putrescibles, les ferments qui la peuplent s'emparent d'abord de l'oxygène dissous, puis, lorsque celui-ci a été utilisé, ils décomposent les sels oxygénés, d'abord les nitrates, puis les sulfates. Avec ces derniers, ils forment par réduction des sulfures que révèle facilement leur odeur nauséabonde.

(1) Voir technique de cette méthode en appendice.

(2) Généralement, en Angleterre, ce test d'incubation se pratique en évaluant la quantité d'oxygène emprunté au permanganate en 3 minutes; on y ajoute alors une détermination spéciale de la quantité d'oxygène emprunté à froid au permanganate en 4 heures, et cette épreuve permet d'évaluer la quantité de matières organiques contenue dans l'eau. Nous estimons préférable de simplifier cette méthode par la détermination de l'oxygène emprunté à froid *en 4 heures* au permanganate *avant* et *après* 7 jours d'incubation à 30° C. Cette épreuve simplifiée permet d'obtenir les deux indications essentielles concernant la richesse approximative en matières organiques et la putrescibilité.

Un effluent convenablement épuré emprunte la même quantité d'oxygène au permanganate *avant* et *après* les 7 jours d'incubation à 30 degrés. Au contraire, un effluent putrescible contenant des composés avides d'oxygène, tels que l'hydrogène sulfuré, absorbe plus d'oxygène et les résultats de la détermination sont plus forts *après* qu'*avant* incubation.

La *Commission royale anglaise* indique justement que cette épreuve du « *test d'incubation* » fournit des données plus exactes sur un mélange, en *proportions correspondantes à leur volume respectif*, de l'eau épurée et de l'eau de la rivière qui doit recevoir celle-ci. Le but essentiel que l'on poursuit en l'effectuant est d'évaluer approximativement la quantité de matières organiques contenues dans l'eau. Mais il importe de se rappeler qu'il ne s'agit là que d'une approximation, car certaines substances parfois abondantes dans les eaux résiduaires industrielles, telles que les sulfures, les nitrites, les sulfocyanates, les phénols et leurs dérivés, les matières colorantes, etc... sont également capables de réduire le permanganate de potassium.

Pour apprécier si une eau d'égout traitée par filtration intermittente sur le sol ou sur des lits bactériens est suffisamment épurée, il n'est ordinairement pas indispensable de faire d'autres analyses. Il peut toujours être utile de doser, *avant* et *après épuration*, l'azote organique, l'ammoniaque, les nitrites et les nitrates; mais les éléments d'information qu'apporteront les résultats de ces analyses ne modifieront pas le jugement que le test d'incubation et la teneur de l'eau épurée en matières en suspension auraient permis de porter.

L'expérience montre en effet qu'il n'existe aucun rapport défini entre la proportion d'azote albuminoïde ou d'azote total et la quantité d'ammoniaque que peut contenir une eau épurée. En revanche, la détermination du taux d'ammoniaque et celle des nitrates fournissent une indication utile sur l'intensité des phénomènes d'oxydation qui s'accomplissent soit dans un champ d'épandage, soit sur un lit bactérien. Pour cette raison, il conviendra de ne pas les négliger.

En résumé, et bien que les études actuellement en cours sur les méthodes d'analyses des eaux d'égout ne permettent pas de préciser la nature des substances organiques contenues

dans ces eaux, nous estimons qu'on doit provisoirement admettre que l'*épuration est satisfaisante :*

1° *Lorsque l'eau épurée ne contient pas plus de* 0gr,03 *de matières en suspension par litre;*

2° *Lorsque après filtration sur papier la quantité d'oxygène que l'eau épurée emprunte au permanganate de potassium en 4 heures reste sensiblement constante avant et après 7 jours d'incubation à la température de 30 degrés, en flacon bouché à l'émeri;*

3° *Lorsque avant et après 7 jours d'incubation à 30 degrés l'eau épurée ne dégage aucune odeur putride ou ammoniacale;*

4° Enfin *lorsque l'eau épurée ne renferme aucune substance chimique susceptible d'intoxiquer les êtres vivants, végétaux ou animaux.*

Dans certains cas, on pourra tolérer l'évacuation d'un effluent incomplètement épuré et légèrement putrescible, lorsque cet effluent ne renfermera pas un excès de matières en suspension et lorsqu'il sera déversé dans un cours d'eau à grand débit (d'un volume au moins 50 fois plus considérable). On s'assurera alors que l'eau de la rivière ou du fleuve a une composition chimique et bactériologique sensiblement égale dans les échantillons prélevés *en amont* et *en aval, à quelques centaines de mètres du point de déversement.*

Rappelons en outre que, si parfaite que puisse être l'épuration réalisée par les procédés biologiques (lits bactériens ou irrigation intermittente avec ou sans utilisation culturale), *on ne doit jamais utiliser une eau d'égout épurée*, même très diluée, *à des usages alimentaires, sans purification chimique ou filtration préalable.*

Il est extrêmement désirable qu'avant d'être présenté à l'examen du Conseil supérieur d'hygiène publique de France, des Conseils d'hygiène départementaux ou des Commissions sanitaires, *chaque projet d'épuration soit étudié avec le plus grand soin*, pour éviter les dépenses inutiles et l'adoption de procédés ou de dispositifs non appropriés aux conditions locales.

Il importe enfin que toutes les stations d'épuration d'eaux d'égouts ou d'eaux résiduaires industrielles, susceptibles d'intéresser la santé publique, soient l'objet d'une surveillance constante de la part des autorités sanitaires, lesquelles de-

vront s'assurer fréquemment de leur bon fonctionnement et de leur état d'entretien.

*
* *

TECHNIQUE DU « TEST D'INCUBATION » OU INDICE DE PUTRESCIBILITÉ

Les réactifs nécessaires pour employer cette méthode d'analyse sont :

1° Solution de permanganate de potasse contenant $0^{gr},395$ de permanganate par litre (1 c.c. de cette solution correspond à $0^{mgr},1$ d'oxygène) ;

2° Solution d'acide sulfurique pur au cinquième en volume ;

3° Solution d'iodure de potassium à 10 pour 100 ;

4° Empois d'amidon à 2 grammes par litre :

5° Solution titrée d'hyposulfite de soude. On dissout 7 grammes de ce sel dans un litre d'eau. Cette solution doit être préparée de façon que 1 centimètre cube corresponde à 2 centimètres cubes de la solution de permanganate. Pour cela on mélange 50 centimètres cubes d'eau distillée, 10 centimètres cubes d'acide sulfurique diluée au 1/5 et 50 centimètres cubes de la solution de permanganate. On ajoute alors goutte à goutte la solution d'iodure de potassium jusqu'à ce que le mélange ait la coloration jaune brun clair de l'iode. Au moyen d'une burette graduée on verse la solution d'hyposulfite jusqu'à coloration jaune pâle. On ajoute quelques gouttes de l'empois d'amidon et on continue à faire couler la solution d'hyposulfite jusqu'à décoloration. Si la solution est exacte on aura employé 25 centimètres cubes d'hyposulfite. Si l'on n'obtient pas ce résultat, on ajuste la solution par une dilution convenable.

Cette solution est très altérable ; aussi doit-on en préparer peu à l'avance et, en tout cas, la titrer chaque fois avant d'en faire usage.

Technique de la méthode. — On mesure dans un matras 50 centimètres cubes de l'eau à analyser, préalablement bien décantée ou filtrée sur papier ; on ajoute 5 centimètres cubes d'acide sulfurique au 1/5, puis 20 centimètres cubes ou davan-

tage de solution de permanganate. On abandonne le matras pendant quatre heures à la température du laboratoire. Au bout de ce temps on ajoute la solution d'iodure et on titre à l'hyposulfite. En tenant compte du volume d'eau employé (50 c.c.) 1 centimètre cube de la solution d'hyposulfite correspond à 4 milligrammes d'oxygène.

Il est nécessaire qu'il y ait toujours un excès de permanganate pendant les quatre heures et qu'après ce délai le mélange soit encore nettement coloré en rouge.

Le titrage par la solution d'hyposulfite doit être effectué aussitôt après l'addition de la solution d'iodure, pour éviter les erreurs que produirait la mise en liberté d'une partie de l'iode par l'acide sulfurique en solution.

L'analyse faite une première fois sur l'échantillon d'eau après son prélèvement, est répétée sur le même échantillon après qu'il a été conservé en flacon bouché à l'émeri pendant sept jours à l'étuve à 30 degrés. Si l'eau est convenablement épurée, la quantité d'oxygène empruntée au permanganate *avant* et *après* incubation est sensiblement la même. Il y a lieu de remarquer toutefois que certaines eaux épurées, non putrescibles mais riches en nitrates et contenant encore des matières organiques, peuvent absorber plus d'oxygène après qu'avant incubation, par suite de la décomposition des nitrates en nitrites. On doit donc toujours s'assurer si l'eau ne contient pas *après* incubation des quantités importantes de nitrites.

*
* *

Méthode de Bonjean. — *Ed. Bonjean* a proposé récemment [1] une méthode analogue à celle que nous venons d'exposer. Elle repose sur la détermination des principes réducteurs (c'est-à-dire le plus souvent les matières organiques putrescibles) au moyen d'une solution d'iode.

En présence de certaines matières organiques telles que les matières albuminoïdes, les peptones, les graisses, les huiles, les tannins, etc., l'iode forme des combinaisons soit par juxta-

[1] *Revue pratique d'Hygiène municipale*, Bulletin technique, octobre 1908.

position, soit par substitution, dans lesquelles il est impossible de déceler directement sa présence. Ces matières organiques fixent ainsi des quantités d'iode variables avec la nature même de la substance et avec la température. C'est ainsi que les matières albuminoïdes fixent plus d'iode que les matières gélatineuses et que les quantités d'iode fixé sur les matières albuminoïdes sont plus élevées à chaud qu'à froid.

D'autre part, l'iode, en sa qualité d'oxydant, réagit en présence de l'eau sur les produits réduits, tels que l'hydrogène sulfuré, l'acide sulfureux, les sulfites, les sulfures et sulfhydrates, l'ammoniaque, les amines, etc..., en fixant l'hydrogène.

On voit d'après l'énumération des propriétés de l'iode, énumération que nous empruntons à *Ed. Bonjean*, que son action est identique à celle du permanganate de potasse.

Pour déterminer la quantité d'iode absorbé, on emploie les solutions suivantes :

a) Solution d'iode dans l'iodure de potassium renfermant 0gr,747 d'iode par litre (1 centimètre cube correspond à 0mgr,1 d'H^2S);

b) Solution d'hyposulfite de soude correspondant à la solution d'iode;

c) Solution d'amidon.

On fait réagir à froid 10 centimètres cubes de la solution titrée d'iode sur 100 centimètres cubes d'eau, puis, après 10 minutes de contact, on évalue la quantité d'iode fixée au moyen de l'hyposulfite et de l'amidon.

Nous avons comparé les résultats obtenus par l'emploi de ces deux méthodes sur l'effluent des lits bactériens de la Madeleine. Nous avons déterminé l'oxygène absorbé en quatre heures, puis l'oxygène absorbé en 3 minutes avant et après incubation et enfin l'iode absorbé en 10 minutes avant et après incubation. Nous avons évalué l'iode absorbé en hydrogène sulfuré, car vu le titre de la solution d'essai, cette méthode d'évaluation doit être, supposons-nous, celle adoptée par *Ed. Bonjean*. Les résultats sont donnés, comme habituellement, en milligrammes par litre.

MOYENNES	OXYGÈNE absorbé EN 4 HEURES	OXYGÈNE absorbé EN 3 MINUTES		POUVOIR RÉDUCTEUR ÉVALUÉ PAR L'IODE et exprimé en hydrogène sulfuré	
		avant incubation	après incubation	avant incubation	après incubation
1re Semaine . . .	5,8	2,0	1,66	1,32	0,86
2e — . . .	6,7	2,0	1,7	0,98	0,77
3e — . . .	7,3	3,1	2.46	1,33	1,01

On voit que ces méthodes n'ont pas donné toujours des résultats rigoureusement comparables. Cependant, pour les déterminations après incubation, dans l'une comme dans l'autre, on peut constater une diminution notable.

Il ne nous paraît pas qu'on doive, actuellement du moins, préférer la méthode proposée par *Ed. Bonjean* aux méthodes au permanganate, pour cette raison surtout que ces dernières permettent de comparer les résultats obtenus avec ceux des installations anglaises. En outre, comme elles fournissent des nombres plus forts, elles rendent les écarts plus facilement constatables.

*
* *

Détermination de la putrescibilité des eaux résiduaires épurées, par la méthode de R. Weldert et Kate Rohlich (1).

La méthode employée le plus souvent pour la détermination de la putrescibilité des eaux résiduaires épurées par les procédés biologiques est celle de *Thumm*, qui consiste à rechercher, au moyen de papier d'acétate de plomb, la formation d'hydrogène sulfuré libre dans un échantillon d'eau maintenu pendant 10 jours à 22 degrés. Cette méthode a le grave inconvénient de demander un temps trop considérable; pendant la durée de la recherche, les cours d'eaux qui reçoivent les eaux épurées peuvent être contaminées fortement

(1) *Mitth. aus der Königl. Prüfüngsanstalt für Wasserversorgung u. Abwässerseitigung zu Berlin*, 1907 *Heft* 10.

avant que l'analyse ait donné les indications nécessaires. En outre, l'emploi du papier d'acétate de plomb est peu commode.

Les auteurs ont avantageusement modifié cette méthode. La température d'incubation a été fixée à 37 degrés au lieu de 22 degrés; dans ces conditions, l'hydrogène sulfuré, reconnu au moyen de l'acétate de plomb, apparaît au bout de 24 heures dans les deux tiers des échantillons encore putrescibles, et au bout de 72 heures dans tous ces échantillons, tandis qu'il n'apparaît, à 22 degrés, que dans un dixième des mêmes échantillons au bout de 24 heures, et dans tous ces échantillons seulement au bout de dix jours. L'expérience est donc beaucoup plus rapide à 37 degrés.

Les auteurs ont constaté en outre que, pratiquement, on peut substituer à la recherche de l'hydrogène sulfuré libre, celle de l'hydrogène sulfuré total, libre et combiné, sans avoir rien à changer dans les conclusions pratiques à tirer de l'analyse.

Au lieu de la réaction à l'acétate de plomb, les auteurs emploient la réaction de *Caro* au *bleu de méthylène*. Cette réaction est basée sur ce fait que la *p-Amidodiméthylaniline* (*diméthyl-paraphénylènediamine*) en solution acide donne avec le perchlorure de fer en présence d'hydrogène sulfuré une matière colorante bleue, le bleu de méthylène. Cette réaction permet de retrouver jusqu'à 56 milligrammes d'hydrogène sulfuré par litre, et elle indique à la fois l'hydrogène sulfuré libre et l'hydrogène sulfuré combiné. Les auteurs emploient cette réaction de la façon suivante : on prépare une solution en dissolvant 1 gramme de p-amidodiméthylaniline dans 300 centimètres cubes d'acide chlorhydrique à 1,19 de densité; on y ajoute 100 centimètres cubes d'une solution à 1 pour 100 de perchlorure de fer. Le mélange se colore légèrement en brun quand on le chauffe un peu, mais il reste clair et se conserve très longtemps si on a soin de le placer dans des bouteilles brunes et à l'obscurité. Le réactif s'utilise en faisant couler, dans 10 centimètres cubes d'eau à examiner, 3 centimètres cubes de réactif, et en agitant : la coloration apparaît aussitôt ou après quelques minutes. Elle est jaune verdâtre pour les doses de 0,5 à 1 milligramme d'hydrogène sulfuré par litre,

verdâtre pour les doses de 1 à 3 milligrammes, vert bleuâtre pour les doses de 3 à 6 milligrammes, bleu-verdâtre pour les doses de 6 à 125 milligrammes, et bleues pour les doses supérieures à 125 milligrammes.

En reprenant avec ce réactif la recherche de l'hydrogène sulfuré dans les eaux résiduaires épurées et en plaçant les échantillons à 37 degrés, les auteurs ont pu constater que l'hydrogène sulfuré peut être décelé au bout de 24 heures dans 98 pour 100 des échantillons putrescibles, tandis qu'il faut attendre 72 heures si on fait la recherche à l'acétate de plomb. La méthode permet donc d'avoir des résultats rapides et exacts : il suffit de placer les échantillons à 37 degrés et de les éprouver au bout de 24 heures au moyen de la réaction de *Caro*.

CHAPITRE IX

TRAITEMENT DES EAUX D'ÉGOUT DANS LES PAYS CHAUDS(1)

L'évacuation des excreta et des eaux usées tient peu de place dans la préoccupation des indigènes; il n'en est pas de même des colons européens qui savent l'importance de la dissémination de ces matières dans la propagation des maladies infectieuses. Aussi l'attention des hygiénistes et des ingénieurs a-t-elle été attirée sur l'étude des conditions du traitement des eaux d'égout dans ces pays. C'est surtout à *C.-C. James* et *Gilbert J. Fowler* que nous sommes redevables de travaux importants sur ce sujet dans l'Inde

Dans les villages indigènes où les habitations sont éparses, la méthode primitive d'évacuation des excreta et des eaux usées est seule employée. Il en résulte alors une fréquente contamination des eaux de boisson et l'extension des épidémies.

Lorsque les villages sont plus importants, les excreta sont recueillis dans des fosses et transportés sur les champs cultivés dans des tranchées souvent trop profondes. Si le sol est poreux les causes de contamination peuvent être en partie évitées par suite de l'épuration relativement rapide des eaux.

Lorsque la ville est assez grande et qu'elle possède un réseau d'égouts, on ne pourra y permettre l'évacuation de tous les excreta par le *tout à l'égout* que si l'eau est abondante,

(1) Major Ernest ROBERTS, Scientifics memoirs by Medical officers of the Army of India, Part. XII, 1901.
C.-C. JAMES, *Oriental Drainage*, a guide to the collection removal and disposal of sewage in Eastern Cities, Bombay, *Times of India*, 1902.
Gilbert FOWLER, The treatment of sewage under tropical conditions, Rapport au XIVe Congrès international d'Hygiène, Berlin, 1907.
Sewage disposal in India, The Sanitary Record, 13 août 1908, d'après le *British Medical Journal*.

car la stagnation de ces matières dans les égouts créerait, par des températures élevées, une situation bien plus dangereuse que leur transport dans les champs cultivés.

L'évacuation des eaux d'égout dans les rivières ou à la mer présente le plus souvent de grands dangers surtout dans les pays, comme l'Inde, où certains fleuves sacrés servent pour y puiser l'eau de boisson et s'y baigner. Aussi sera-t-il le plus souvent utile d'épurer ces eaux d'égout.

Dans les pays tropicaux les conditions locales sont très différentes de celles rencontrées en Europe. Il faut y tenir compte de la température, de la quantité d'eau consommée par habitant, de la nourriture et des coutumes des indigènes.

Si l'on écarte les cas extrêmes, la température maxima sous les tropiques est de 8 degrés supérieure à la température maxima dans l'Europe occidentale; par contre la température minima est de 18 degrés supérieure à la température minima européenne. On se trouve donc presque toujours dans les conditions les plus favorables aux fermentations microbiennes, ce qui peut faciliter grandement l'épuration, mais aussi causer des insuccès si ces fermentations sont mal conduites.

La consommation d'eau dans ces contrées est généralement beaucoup plus faible qu'en Europe. Dans l'Inde elle varie de 13 à 45 litres avec une moyenne de 22 litres par habitant, tandis qu'on compte plus de 100 litres par habitant en Angleterre.

Il y a lieu aussi de signaler les pluies torrentielles qui sont fréquentes à certaines époques de l'année.

La composition des eaux d'égout étant fonction de la nourriture des habitants, il faut donc connaître le genre de vie des indigènes. Leur régime est surtout végétarien ; aussi les eaux-vannes contiennent-elles moins d'azote qu'en Europe; de plus les urines, répandues un peu partout, s'y mêlent peu. Les eaux d'égout contiennent aussi moins de savons et de graisses car les ablutions et le lavage des vêtements se font dans les rivières ou les mares; même lorsque des lavoirs spéciaux existent, la consommation de savon est plus faible en Europe. Ces conditions sont telles que l'eau d'égout, qui paraît très chargée si on ne tient compte que de la dilution, est moins

difficile à épurer qu'une eau d'égout européenne de concentration correspondante.

G. Fowler a donné les analyses comparatives de deux eaux : eaux d'égout l'une de l'Inde, l'autre d'Europe, également diluées au taux de 22 litres 7 par habitant. (Les résultats sont exprimés en milligrammes par litre.) Nous les reproduisons ci-après :

	Inde.	Europe.
	—	—
Oxygène absorbé en 4 heures	417,1	313,0
Azote ammoniacal	29,1	179,8
— albuminoïde	61,9	51,7
— organique (moins albuminoïde)	107,7	156,2
Chlore	93,0	262,0
Résidu sec	2560,0	2060,0
Soufre	20,5	32,2

Dans les pays tropicaux où le climat est sec et où les pluies ne sont pas abondantes, l'*épuration terrienne* donne de bons résultats. Il faut pour cela que la terre soit poreuse; les sols argileux ne doivent pas être utilisés. Le sol doit être drainé et les drains placés à une profondeur qui n'excèdera pas 1 m. 10. Ils seront suffisamment recouverts pour que l'eau d'égout ne s'y infiltre pas directement. Lorsque la terre est cultivée, elle doit être labourée et retournée soigneusement après chaque récolte pour faciliter l'aération. Pour cette raison, on doit éviter les mauvaises herbes et tout ce qui peut colmater la surface du sol. Dans les conditions avantageuses on peut traiter 336 mètres cubes par hectare et par jour. Pour l'irrigation culturale il faut prévoir 4047 mètres carrés de terres pour 100 habitants; pour la filtration intermittente sur sol non cultivé, cette surface peut suffire pour traiter les eaux d'égout de 500 habitants.

Comme cela a été déjà reconnu utile en Europe, il est recommandable de faire subir aux eaux d'égout un premier traitement en fosse septique avant de les épurer par le sol : on évite ainsi le colmatage des billons et la stagnation des eaux.

Les *procédés artificiels d'épuration* expérimentés dans l'Inde depuis 10 ans ont été étudiés par *C.-C. James* puis par *G. Fowler*.

Il faut d'abord rejeter, dans le traitement préliminaire, la

précipitation chimique, car les produits employés y sont souvent coûteux et le transport de grandes quantités de boues n'est pas sans danger.

C.-C. James a fait construire une *fosse septique* au *Leper's Asylum* de *Matunga*. Avec des eaux plus diluées, il est vrai, que la plupart des eaux d'égout de l'Inde, il a obtenu une dissolution très importante des matières en suspension (environ 75 pour 100). Toutes les eaux usées de 400 personnes, soit environ 91$^{m^3}$ par jour, séjournaient 8 heures dans la fosse septique ouverte.

En 8 ans on n'a dû effectuer que 3 dragages de la fosse, le premier seulement après 3 ans. La comparaison de la composition des boues fraîches et des boues ayant séjourné en fosse septique donne les résultats intéressants que voici :

	Boues fraîches.	Boues septiques.
Matières organiques	86 0/0	28 0/0
— minérales	14 0/0	72 0/0

On a donc obtenu dans l'Inde une meilleure dissolution des boues avec un séjour de 8 heures des eaux dans la fosse, qu'en Angleterre avec le séjour de 24 heures. Ces constatations montrent l'activité des fermentations aux températures élevées.

D'après *G. Fowler*, lorsque les eaux sont plus chargées que celles qui ont servi aux expériences de *C.-C. James*, la durée de séjour doit être prolongée et avec des eaux correspondant à un volume de 22 litres 7 par habitant et par jour, il faut construire une fosse dans laquelle les eaux séjournent 3 jours.

G. Fowler a donné les principes de construction de fosses septiques pour traiter les matières excrémentitielles. Il faut que toutes les matières solides soient retenues dans le premier compartiment de la fosse où elles sont décomposées et liquéfiées, tandis que la partie liquide passe sans former de courants dans les autres compartiments dans lesquels elle abandonne les matières non dissoutes. Il est préférable de couvrir les fosses en ménageant des regards de visite.

Comme la venue des eaux n'est pas constante dans les 24 heures, on doit les retenir dans un bassin spécial pendant

les heures de grande venue et les laisser écouler pendant le reste du jour, de façon qu'il y ait un écoulement régulier dans la fosse et un égal déversement sur les lits bactériens.

La fosse sera rectangulaire, d'une longueur au moins égale à 6 fois sa largeur et d'une profondeur moyenne de 1^{m},80 avec légère pente pour l'évacuation des boues vers une ouverture fermée par une vanne à l'entrée et à la sortie de la fosse.

A l'entrée de la fosse on établira un premier compartiment d'une capacité égale au 1/8 de la capacité totale de la fosse, formé par un mur dont les 2/3 inférieurs seront percés de trous. De cette façon, les matières solides formeront une masse flottante à la surface de ce compartiment, et les liquides s'écouleront par les trous dans la partie principale de la fosse. Le fond de ce compartiment sera en pente régulière vers un orifice d'évacuation des boues fermé par une vanne. Une ouverture identique sera aménagée à l'extrémité de la fosse du côté de la sortie des eaux.

L'effluent de la fosse sera évacué par 3 tuyaux équidistants encastrés dans la paroi au premier tiers environ de la hauteur minima du liquide. L'écoulement sera réglé de telle sorte que, même aux heures de grande venue d'eau, la quantité d'effluent ne soit pas supérieure à celle qui peut être traitée avec efficacité par les lits.

C.-C. James a montré que les fermentations dans ces fosses dégageaient de grandes quantités de gaz combustibles dans les pays chauds. Voici la composition de ces gaz d'après:

	C.-C. James.	G. Fowler.
	—	—
Acide carbonique	3 à 16 0/0	0,5 à 4,7 0/0
Méthane.	24 à 32 0/0	46,5 à 47,0 0/0
Hydrogène	12 à 20 0/0	2,1 à 3,1 0/0
Azote	48 à 60 0/0	36,0 à 37,3 0/0
Oxygène.	néant.	8,9 à 9,3 0/0

Il y a lieu de faire remarquer que les analyses ne sont pas tout à fait comparables, car dans les expériences de *James* l'eau d'égout était plus diluée, en plus grand volume, et elles contenaient un mélange de toutes les eaux usées, tandis que celles de *Fowler* portaient sur des eaux plus concentrées, traitées comme il a été dit plus haut et ne contenant que des excreta. Ces gaz sont très combustibles, mais la grande quantité d'acide

carbonique qu'ils contiennent obligerait à les traiter par la chaux avant leur utilisation.

D'après *James*, l'eau d'égout provenant de 450 personnes peut donner 81 à 108 litres de gaz par habitant et par jour, avec une évacuation de 136 litres d'eau par habitant et par jour, et un séjour de 8 heures des eaux en fosse septique.

Pour la récolte des gaz on transforme la partie principale de la fosse, à l'exclusion du premier compartiment, en gazomètre, et on les extrait sous pression réduite. En ne recueillant pas les gaz du compartiment d'entrée on réduit au minimum la proportion d'azote.

Lorsqu'on met en service une fosse, on y déverse, si cela est possible, de la boue liquide provenant d'une fosse en bonne activité, de façon à avoir sur le fond une couche d'environ 25 millimètres; puis on remplit la fosse avec de l'eau propre. On y admet alors les eaux vannes seulement peu à peu, en commençant par le tiers du volume à traiter pour n'arriver au volume total qu'au bout de 3 mois. On examine pendant ce temps si le fonctionnement est satisfaisant soit par des analyses, soit par l'aspect et la quantité du dépôt de boues. Lorsqu'il y a plus de 30 centimètres de boues à l'extrémité de sortie de la fosse il y a lieu d'en évacuer la plus grande partie. Il en est de même pour le compartiment d'entrée.

L'effluent de fosse septique est facilement épuré par le traitement terrien, il peut l'être aussi sur les lits bactériens, de préférence sur les lits à percolation.

Il se présente aussi des cas où la quantité d'eau à épurer varie dans de très grandes proportions, par exemple lorsqu'il s'agit des écoles à cause des vacances, des camps militaires, des refuges de pèlerins, etc... *James* a montré qu'alors on pouvait obtenir de bons résultats, pendant les périodes plus ou moins longues de surproduction, en traitant les eaux brutes sur des lits bactériens à percolation dont la partie superficielle est composée de gros matériaux pour retenir les matières solides, que l'air, la lumière, les actions microbiennes et les humidifications fréquentes désagrègent et décomposent rapidement. Pendant les périodes de non fonctionnement, il est nécessaire que les lits soient maintenus humides par de fréquents arrosages.

Selon le *Major Ernest Roberts*, les eaux doivent être traitées d'abord dans des fosses septiques ou par filtration de bas en haut, puis par lits bactériens et enfin par irrigation sur la terre arable.

Il faut prévoir les circonstances où il peut y avoir danger de contamination microbienne par le rejet des effluents épurés dans les cours d'eau; on doit alors les stériliser. *G. Fowler* recommande l'emploi du chlorure de chaux, qui, dit-il, ne peut être nuisible aux poissons, si on prend la précaution de retenir les eaux traitées pendant 2 heures dans un bassin. Le soleil a vite fait disparaître tout le chlore actif.

On a fait dans l'Inde un certain nombre de petites installations de traitement des eaux vannes et, dans la plupart des cas, l'épuration a été inférieure à celle obtenue en Angleterre. Heureusement, presque partout, on pouvait disposer de terrains suffisants pour parfaire l'épuration. Avec ce double traitement on obtient l'élimination de 90 à 99 pour 100 des bactéries intestinales. Les imperfections biologiques de ces installations peuvent être attribuées surtout aux conditions défectueuses de fonctionnement dues au manque de surveillance, et à la grande concentration des eaux à traiter. De plus, dans quelques cas, le volume des eaux et leur composition ont subi des variations qui n'avaient pas été prévues.

Les difficultés rencontrées dans le traitement biologique des eaux vannes résultent généralement de vices de construction des lits bactériens. L'épuration par ces derniers permet d'obtenir un effluent d'une grande pureté chimique, mais ne donne pas une sécurité absolue en ce qui concerne la dissémination des maladies infectieuses. Par le passage des eaux dans les fosses septiques couvertes on obtient la destruction des matières solides et l'effluent peut être utilisé en irrigation sur le sol, sans subir de traitement sur lits bactériens. La suppression de ces lits simplifierait beaucoup le problème de l'épuration en diminuant le coût de l'installation et en réduisant la surveillance. Des essais entrepris dans l'Afrique du Sud (Hôpital de *Pretoria*), basés sur cette méthode de traitement, ont donné de bons résultats sans causer aucune nuisance. Mais une autre installation à *Pretoria*, construite par l'administration militaire, a donné de mauvais résultats et on a reconnu

que les fosses septiques étaient de capacité trop réduite.

Rappelons en terminant que, lorsqu'il s'agit d'épurer les eaux d'égout en pays chauds, quelle que soit la méthode employée, on doit se préoccuper d'éviter avec le plus grand soin la pullulation des mouches et des moustiques dont le rôle est capital dans la propagation d'un grand nombre de maladies contagieuses, microbiennes ou parasitaires (paludisme, fièvre jaune, choléra, dysenterie, vers intestinaux, etc...). Il importe donc au plus haut point, soit de garnir la surface des fosses septiques ouvertes et leurs canaux de déversement avec des grillages en toile métallique fine, soit de retenir constamment, au moyen de lames plongeantes, sur l'eau de ces fosses et de ces canaux une mince couche d'huile minérale ou de pétrole brut. Les lits bactériens ou les terrains d'épandage devront être éloignés d'au moins 300 mètres de toute habitation et entourés d'arbres et d'arbustes à feuillage dense. Enfin, dans les villes et dans chaque immeuble, les regards de visite des égouts et les tuyaux d'aération seront également protégés par des toiles métalliques fines.

CHAPITRE X

ÉPURATION DES EAUX RÉSIDUAIRES D'ABATTOIRS

Parmi toutes les eaux résiduaires, celles des abattoirs et surtout des petits abattoirs sont des plus difficiles à traiter; l'épuration en est possible, mais, pour la réaliser, il faut tenir compte d'un ensemble de circonstances locales des plus variables.

En effet, la composition de ces eaux varie d'une façon considérable avec la quantité d'eau consommée par les bouchers, suivant que cette eau est mise à leur disposition facilement, à robinet ouvert, ou difficilement, par pompage. Elle varie aussi suivant le soin apporté par les opérateurs à écarter tous les résidus solides, contenu des intestins, estomacs, débris de viande, de graisses, etc., à recueillir le sang et au lavage des tripes. On voit donc que les eaux seront plus ou moins chargées et par suite les méthodes d'épuration qui pourront être proposées devront, si on veut les généraliser, être susceptibles de s'accommoder à ces variations.

De plus, dans les petits abattoirs ruraux, l'abattage ne se fera que pendant un ou deux jours par semaine, et pendant quelques heures par jour. On aura donc, pendant un temps très court, à traiter des eaux le plus souvent très polluées.

Les eaux résiduaires d'abattoirs sont des dilutions plus ou moins grandes du sang, de l'urine et des matières excrémentitielles des animaux abattus. A la campagne, ces eaux devront le plus souvent être évacuées dans des fossés, à pente très faible et ordinairement assez mal entretenus, où elles stagneront et, en se putréfiant très rapidement, répandront des odeurs nauséabondes, ou bien s'infiltreront dans le sol en contaminant les nappes aquifères sous-jacentes.

On pourrait recommander de les utiliser pour la fertilisation des terres, car ces eaux représentent à peu près le purin plus dilué et sont un engrais de premier ordre. Mais la difficulté de les éloigner très rapidement des abattoirs à toute époque de l'année, à moins de les emmagasiner dans des citernes très grandes et par suite très coûteuses, fera renoncer le plus souvent à cette utilisation et on préférera employer une autre méthode applicable à tout moment. Cependant, lorsque les circonstances permettront l'épandage de ces eaux sur les terres, il sera toujours indiqué de prévoir un bassin de décantation à la sortie des abattoirs, de façon à éviter le colmatage trop rapide des sillons et l'envasement des canaux de distribution.

Les procédés biologiques d'épuration des eaux d'égout seront souvent inapplicables, principalement pour deux raisons : ces procédés permettent l'épuration des eaux seulement lorsque la matière organique ne dépasse pas une certaine quantité : or lorsqu'il y a pénurie d'eau ou difficultés dans son emploi, les eaux résiduaires des petits abattoirs ruraux sont trop chargées. D'un autre côté, comme nous l'avons dit plus haut, l'abattage ne se fait que pendant un ou deux jours par semaine. Or, dans les procédés biologiques artificiels les eaux sont reçues dans des bassins appelés fosses septiques où elles séjournent un certain temps qu'on admet être environ 24 heures. Lorsque les eaux y séjournent plus longtemps, les fermentations actives dans ces fosses poussent si loin la désintégration des matières organiques que le liquide qui en sort, par suite d'un afflux de nouvelle eau à traiter, répand, lorsqu'il est distribué sur les lits bactériens pour y être épuré, des odeurs très désagréables qui suscitent les réclamations des propriétaires voisins. De plus, il a été remarqué que les eaux ayant séjourné longtemps en fosse septique s'épurent plus difficilement que celles n'y ayant passé que le temps voulu.

Il est cependant indispensable d'épurer le mieux possible ces eaux, et les pouvoirs publics mettront toujours cette obligation de l'épuration dans les conditions de l'arrêté d'autorisation d'établissement d'abattoirs.

Pour épurer les eaux résiduaires d'abattoirs, il faut d'abord

en séparer autant que possible les matières en suspension. La sédimentation par repos, ou celle par écoulement ralenti, n'est pas applicable à ces eaux, car elles entraînent de grandes quantités de composés organiques très légers, sang coagulé principalement, qui se déposent difficilement. La précipitation chimique, au contraire, entraîne mécaniquement toutes ces matières et même dans certains cas une partie des matières en solution.

Pour obtenir la précipitation, *on ne peut pas employer la chaux*, car elle donne lieu à des dégagements d'ammoniaque et d'autres produits à odeurs très désagréables.

Le *sulfate ferrique*, seul ou associé au *sulfate d'alumine* (*alumino-ferric ou ferrozone*), est le précipitant de choix pour les eaux d'abattoirs. En additionnant ces eaux d'une quantité convenable de ce sel, on obtient un précipité abondant qui entraîne les matières en suspension, coagule le sang et les matières albuminoïdes, et désodorise les eaux. L'effluent, après bonne décantation, est clair, décoloré et à peu près inodore. La proportion de sel à ajouter pour obtenir une bonne précipitation varie, pour une eau de composition déterminée, entre certaines limites; les quantités trop faibles ne donnent lieu à aucune précipitation, et un excès de sel peut redissoudre une partie du précipité. Les proportions nécessaires seront déterminées par l'expérience. Elles seront d'autant plus grandes que la pollution est plus importante; mais nous ne pensons pas qu'on doive employer moins de 1 kilogramme par mètre cube d'eau.

Le meilleur mode d'emploi du sulfate ferrique est d'en faire une solution à un titre connu, qu'on fait écouler dans l'eau résiduaire en proportion déterminée avec le volume de cette dernière. Ceci peut se faire dans une grande installation où l'écoulement des eaux est ou peut être rendu relativement constant. Pour les abattoirs ruraux, l'écoulement des eaux étant très intermittent, nous conseillons plutôt l'emploi du sel à l'état solide. Voici comment on pourrait comprendre le traitement des eaux.

Toutes les eaux usées, *à l'exclusion des eaux de pluie*, seront collectées dans un caniveau qui aboutira à une série de grilles qui retiendront les matières en suspension volumineuses,

puis à une petite chambre dans laquelle on disposera un panier à fond perforé. Dans ce panier on placera le sulfate ferrique (qui devra être aggloméré en briquettes ou en gros morceaux ne se délitant pas trop rapidement) en quantité suffisante pour traiter les eaux pendant un temps déterminé. Les eaux, en traversant ce panier, dissoudront le sel en proportion de leur volume, et tomberont dans un autre caniveau placé en contre-bas, qui sera pourvu soit de chicanes, soit de cascades, de façon à bien mélanger les eaux. Puis celles-ci seront évacuées dans un bassin de décantation.

La décantation peut se faire par repos, et c'est la plus efficace : pour cela le bassin sera suffisamment grand pour recueillir toutes les eaux écoulées pendant une journée. Le lendemain, par un dispositif approprié (siphon ou tuyau souple à flotteur), on décantera le liquide clair surnageant. On peut aussi obtenir la décantation par écoulement continu mais ralenti ; les eaux cheminant très lentement dans ce bassin y abandonneront les matières précipitées. Dans ce dernier cas il est utile de mettre, à l'extrémité du bassin, une chicane de surface formée d'une simple planche de bois goudronné plongeant de 10 à 20 centimètres dans le liquide, pour arrêter les matières flottantes. Ces bassins auront le fond disposé en pente allant de la sortie vers l'entrée, pour permettre l'accumulation des boues en un endroit d'où on les pompera chaque semaine pour les transvaser dans un autre bassin ou pour les utiliser immédiatement comme engrais en les transportant sur les terres.

Les eaux résiduaires d'abattoirs ainsi traitées donneront le plus souvent un effluent qui ne sera pas complètement épuré, car il renfermera encore quelques composés organiques et de l'ammoniaque. Cet effluent pourra être plus facilement traité en irrigation culturale, principalement dans les prairies. Lorsque la situation des abattoirs le permettra ou lorsque l'effluent devra être évacué dans un cours d'eau très propre, il est à recommander de parfaire l'épuration par le traitement sur les lits bactériens aérobies où la matière organique et l'ammoniaque seront oxydées. L'effluent sera alors rendu imputrescible. Pour cela nous pensons qu'il sera utile d'établir, à la sortie du bassin de décantation, un bassin régulateur

qui permettra la distribution sur les lits bactériens, à intervalles réguliers et convenablement espacés. Lorsque le lit bactérien est bien établi, l'entretien et la surveillance sont réduits au minimum.

Il reste à prévoir le cas où un animal atteint de maladie contagieuse sera abattu avant l'arrivée du vétérinaire inspecteur. Les eaux résiduaires devront alors être désinfectées avant d'être employées en irrigation culturale ou même avant traitement dans les lits bactériens. Cette désinfection pourra se faire facilement et à peu de frais s'il y a un bassin de décantation par repos. Il suffira d'ajouter au mélange des eaux résiduaires déjà traitées par le sulfate ferrique, environ 1 kilogramme de chlorure de chaux par mètre cube d'eau (le chlorure de chaux étant dissous préalablement dans un baquet) et de bien brasser le mélange. La décantation faite le lendemain donnera un liquide pratiquement stérile. Il n'y a pas lieu de craindre l'effet nuisible sur les terres du chlore actif qui pourrait persister dans les eaux ainsi épurées, car il en restera certainement très peu après un séjour aussi prolongé en présence de matières organiques.

Dans ce qui précède, nous avons envisagé les abattoirs comme établissements isolés, mais il pourra se présenter des cas où l'assainissement de la localité où ils sont installés, sera possible à peu de frais. Les eaux résiduaires des abattoirs seront alors admises dans les égouts et s'y mélangeront avec toutes les eaux usées de la commune — et le tout sera épuré par les procédés biologiques (1).

(1) Voir Imbeaux et Rolants, *Hygiène rurale*, p. 205, Paris, Baillière, 1907; Calmette, *Recherches sur l'épuration biologique des eaux d'égout*, Paris, Masson, t. I, II et III.

CHAPITRE XI

LES PROGRÈS DE L'ÉPURATION BIOLOGIQUE EN FRANCE EN 1908

Il est très regrettable qu'en France les villes négligent le plus souvent les intérêts de leurs habitants au point de ne se préoccuper des questions sanitaires de toute première importance, comme l'évacuation et l'épuration des eaux d'égout, que lorsque le pouvoir central, ému de leur insalubrité, les met en demeure d'étudier et d'exécuter un projet.

Et comme des considérations de toutes sortes font que cette mise en demeure ne peut être qu'exceptionnelle, il en résulte que le nombre des agglomérations urbaines actuellement pourvues d'un réseau d'égout complet, même sans épuration, est extrêmement restreint.

Si l'on excepte *Paris*, les seules villes dont les eaux-vannes soient épurées sont *Reims* par épandage et *Toulon* par le système biologique artificiel.

Toulon a adopté les lits bactériens à double contact avec fosse septique couverte. L'installation faite avec grand soin par *M. Valabrègue* pour le compte de la ville est très satisfaisante et peut être citée comme un modèle, malgré quelques défectuosités faciles à corriger d'ailleurs et qui sont inhérentes à l'emploi d'appareils spéciaux pour la vidange automatique des lits. Nous l'avons décrite en détail dans le vol. III de ces recherches (p. 171); nous n'y reviendrons pas.

Les seuls projets importants qui aient été définitivement adoptés ou en cours d'exécution en 1908 sont ceux de *Mesly-Créteil* pour le département de la Seine, de *Villeneuve-Saint-Georges*, de *Lille* et de *Privas*.

La station d'épuration de *Mesly-Créteil*, construite sur les plans de M. l'ingénieur des Ponts et Chaussées *Mahieu* sous

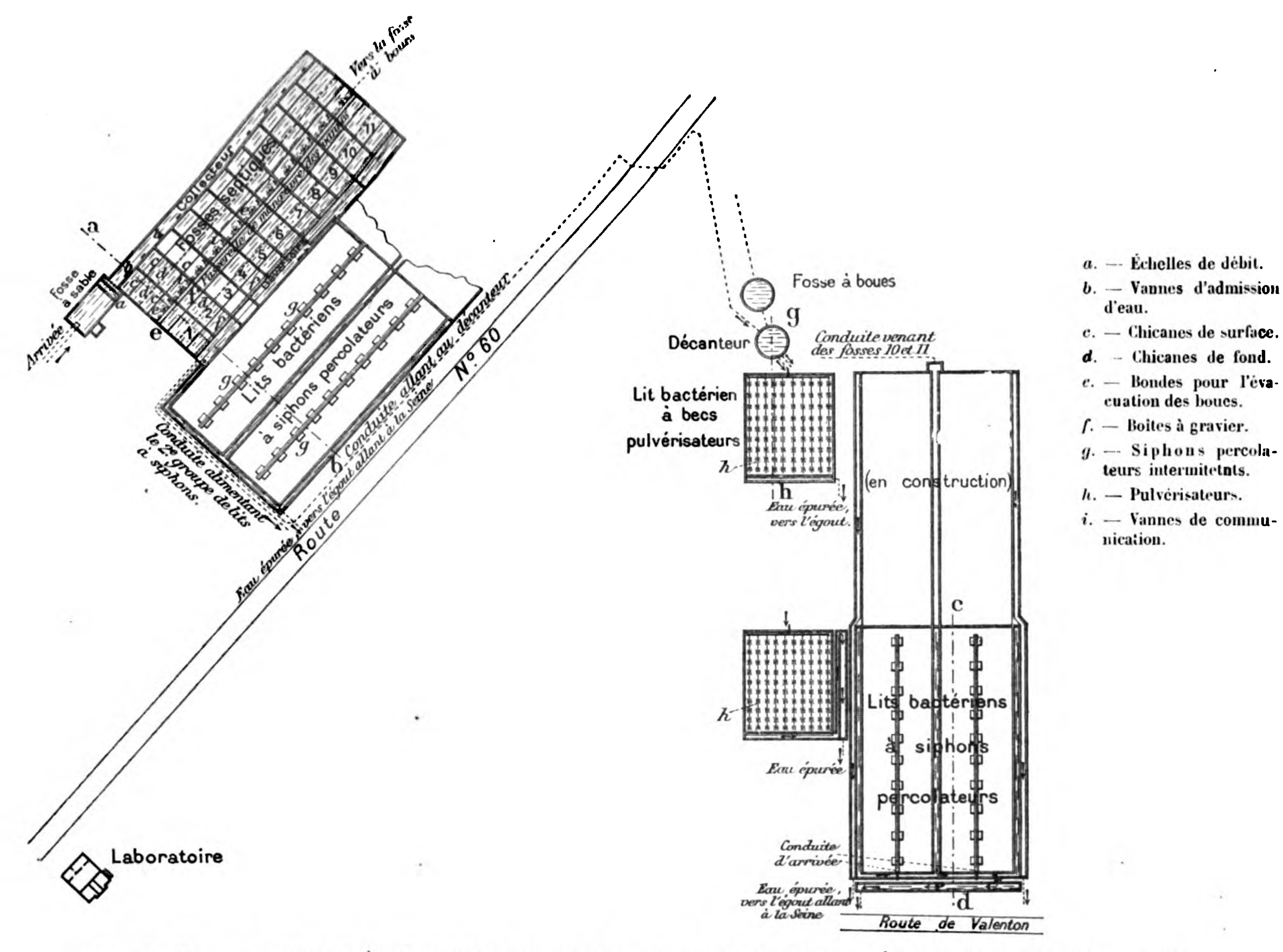


Planche III. — STATION D'ÉPURATION BIOLOGIQUE DE MESLY-CRETEIL (DÉPARTEMENT DE LA SEINE).

la haute direction de *M. Hétier*, inspecteur général des Ponts et Chaussées du département de la Seine, vient seulement d'être achevée. Nous en reproduisons ci-après un plan schématique que nous devons à l'obligeance de *M. Cavel*, ingénieur-chimiste chargé du laboratoire de la station. (Plan III.)

Elle peut traiter dès maintenant un volume d'eau d'égout de 8000 mètres cubes par jour. Ces eaux proviennent de *Saint-Maurice* et de *Maisons-Alfort*. Après 24 heures environ de séjour en fosses septiques ouvertes, elles sont distribuées sur des lits bactériens percolateurs de divers systèmes, les uns semblables à ceux de *la Madeleine* (siphons de chasses à déversement intermittent dans un réseau de drains de surface); les autres à becs pulvérisateurs fixes, analogues à ceux de *Birmingham*; d'autres encore avec appareils dits « va et vient » du genre de celui de *Ham-Baker* (ces recherches, vol. III, p. 138).

*
* *

Le projet d'assainissement de *Villeneuve-Saint-Georges* (Seine-et-Oise) va réaliser pour la première fois en France une application vraiment rationnelle du système atmosphérique dit « *limiteur* ».

Ce projet a été dressé par M. l'ingénieur *Gandillon*, qui s'est inspiré de nos conseils et a bien voulu nous communiquer la note ci-jointe que fera comprendre les plans schématiques (plan IV et fig. 13).

L'étude de l'assainissement de *Villeneuve-Saint-Georges* est dominée par les trois considérations suivantes :

1° Impossibilité au point de vue hygiénique de rejeter directement en Seine et en amont de Paris les eaux-vannes ou un mélange d'eaux-vannes et d'eaux pluviales;

2° Situation particulière de la ville dont toute la partie neuve est construite dans une plaine dont la surface du sol ne présente pas de pente sensible;

3° Présence de l'eau dans le sous-sol de la ville à une très faible profondeur.

La première de ces considérations a conduit à la séparation du réseau des eaux-vannes et du réseau des eaux pluviales, de façon à ne pas avoir à épurer un volume d'eau trop considérable.

La deuxième et la troisième considérations ont nécessité le choix d'un système d'égouts-vannes permettant une pente assez faible de conduites sans qu'il en résulte une augmentation sensible du diamètre de ces conduites, et, par conséquent, du prix de premier établissement. Le *système atmosphérique limiteur* répond exactement à cette condition.

L'assainissement de *Villeneuve-Saint-Georges* comprend donc un réseau d'égouts-vannes du système atmosphérique limiteur. Les eaux pluviales sont conduites directement en Seine; les eaux-vannes sont épurées dans une usine spéciale et déversées ensuite dans le collecteur des eaux pluviales.

Le réseau pluvial est composé de tuyaux en ciment de $0^{m},300$ à $0^{m},600$ de diamètre; son développement total est de 3982 mètres; sa construction ne présente, d'ailleurs, aucune particularité remarquable.

Le système atmosphérique limiteur adopté pour les égouts-vannes est caractérisé par le fonctionnement très spécial de l'autocurage, qui le différencie du système dit « Tout-à-l'égout » et qui permet l'emploi de conduites à faible section sans qu'on puisse avoir aucune crainte d'engorgement, même si des corps lourds et volumineux ont été introduits dans le réseau.

Le système atmosphérique limiteur est essentiellement basé sur l'écoulement des eaux usées, en temps normal, par simple gravité. Les eaux ménagères, les matières fécales, toutes eaux souillées des immeubles, sont rejetées par les tuyaux de chute dans des récipients en fonte appelés *réservoirs-limiteurs*; ces appareils ne portent aucune grille d'interceptions mais ils retiennent momentanément une partie des eaux destinées ultérieurement à l'autocurage, l'autre partie s'échappant par trop-plein dans la canalisation de rue. Par là les eaux continuent à s'écouler, toujours par leur propre poids, jusqu'au réservoir central où le même principe est appliqué, le trop-plein du réservoir central cheminant dans le collecteur par simple gravité jusqu'à l'usine finale de réception. Il n'y a donc pas de modification de principe entre ce système et le tout-à-l'égout pour le fonctionnement normal; mais la différence — et elle est essentielle, se manifeste en ce que, — par des moyens à la fois simples et puissants, on peut créer, dans toutes les parties du réseau sans exception et à intervalles choisis appropriés au

service, des chasses extrêmement énergiques au moyen des eaux-vannes elles-mêmes. On fait intervenir à cet effet la pression atmosphérique toujours disponible, et ce fonctionnement exceptionnel a lieu sans interrompre un instant le fonctionnement par simple gravité.

Cette conception est, en outre, très économique puisque, *sans faire appel à aucune quantité d'eau propre qui, dans tout autre système, doit alimenter des réservoirs de chasse*, ce sont les eaux-vannes elles-mêmes qui sont projetées simultanément dans tout le réseau et qui assurent ainsi le vigoureux nettoyage de ses moindres artères. Avec ce procédé plus n'est besoin d'exiger des propriétaires des immeubles à assainir des installations onéreuses, comme celles qui sont imposées dans le tout-à-l'égout; en outre le volume d'eau à évacuer, à épurer et à relever mécaniquement est minime, et — fait extrêmement intéressant au point de vue de l'épuration — ce volume est très constant.

Ainsi, en ce qui concerne *Villeneuve-Saint-Georges*, le volume total quotidien prévu pour 8000 habitants qui auront leurs maisons branchées sur le réseau d'égouts-vannes est de 280 mètres cubes, ce qui correspond à une évacuation d'eaux-vannes et ménagères de 35 litres environ par habitant et par jour.

Tout autre système nécessitant des chasses d'eau exigerait une dépense minimum de 100 litres par habitant et par jour. Si l'on compte le mètre cube d'eau à 0,30, l'on voit que le système atmosphérique limiteur permet d'éviter une dépense annuelle d'eau qui, dans le tout-à-l'égout, par exemple, s'élèverait à :

$$0,065 \times 8000 \times 365 \times 0,30 = 56.940 \text{ francs.}$$

Bien plus, le relèvement des eaux-vannes dans les bassins d'épuration ne portera que sur 280 mètres cubes au lieu de 800 mètres cubes par jour, et, de ce fait, on réalisera avec le système atmosphérique limiteur une économie qui compensera, et au delà, les dépenses occasionnées par le fonctionnement de pompes à vide employées pour le service de l'autocurage.

L'application du système atmosphérique limiteur à Villeneuve-Saint-Georges a été faite de la façon suivante :

Le territoire entier a été divisé en 6 réseaux parmi lesquels 3 réseaux seront à établir immédiatement, les autres étant construits au fur et à mesure des extensions de la ville.

La figure 13 indique le plan d'ensemble des égouts-vannes. Les conduites de rues sont en fonte avec un diamètre de 0,150; ce diamètre permettra sans doute au système de recevoir une application ultérieure en ce qui concerne les ordures ménagères. Le collecteur est en fonte également; il a un diamètre de 0,350 sur le premier kilomètre et de 0,400 sur les 1500 mè-

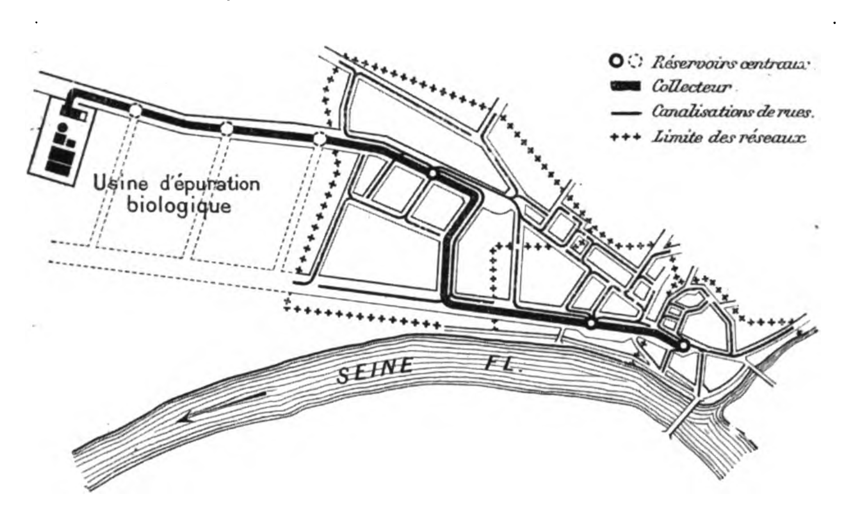


Fig. 13. — Plan général d'assainissement de Villeneuve-Saint-Georges.

tres suivants et jusqu'à l'usine. Il est établi suivant une pente uniforme de 0,001 par mètre. Sur son passage, il reçoit les eaux des différents réservoirs centraux établis dans chacun des réseaux. Les réservoirs centraux forment des chambres souterraines où descend un robinettier chargé de faire, par une simple manœuvre de robinets, l'opération de l'autocurage pour chacune des canalisations de rue de chaque réseau.

Le réservoir limiteur, facilement transportable, est un appareil en fonte qu'on peut installer dans la cave de la maison ou enterrer à même le sol. Le petit modèle a pour dimensions : longueur 0,60; largeur 0,30; hauteur 0,75. C'est lui qui reçoit les différentes chutes de l'immeuble. Il ne possède aucune grille d'interruption ni aucun levier; il ne contient que deux

boules entièrement libres dont le jeu est cependant rigoureusement assuré.

Le « volant de vide », principe nouveau sur lequel est basé le fonctionnement de l'autocurage, a pour valeur 200.

La dépression normale atteindra 50 centimètres de mercure.

La dépression d'équilibre après entourage de la canalisation de la rue la plus chargée sera de 44 centimètres de mercure. La vitesse théorique de l'air à l'entourage sera de 327 mètres par seconde. Le poids d'air écoulé pendant l'entourage de la canalisation la plus chargée sera égal à 18^k,600. Le temps nécessaire pour atteindre l'équilibre sera de 6 secondes 8.

La planche IV indique la disposition adoptée pour l'usine de réception des eaux vannes.

Le collecteur de 0^{mm},400 pénètre dans l'usine et se ramifie en deux tronçons symétriquement placés au-dessus de deux réservoirs cylindriques auxquels ils sont respectivement reliés par l'intermédiaire d'un robinet plongeur. Chacun de ces réservoirs a une capacité de 15 mètres cubes. Une tôle perforée divise chaque réservoir en deux compartiments, de telle sorte que, d'un côté se trouvent les eaux brutes et que de l'autre il n'y ait que des liquides. C'est dans ce dernier compartiment que sont branchées deux pompes centrifuges de 60 mètres cubes chacune que l'on peut faire travailler isolément ou bien accoupler en tension Leur commande est indépendante et se fait électriquement. Elles peuvent être mises en marche directement d'un tableau ou bien automatiquement lorsque les eaux qui s'accumulent dans les réservoirs atteignent un niveau déterminé. Ces eaux sont refoulées au réservoir régulateur qui précède les bassins d'épuration. Le compartiment d'eaux brutes porte une tubulure de fond qui le relie à un extracteur à vide; l'on peut ainsi relever directement, sans faire usage de pompes ou d'appareils délicats, les boues et les corps étrangers mêlés aux eaux-vannes. Les produits de l'extracteur peuvent être envoyés par gravité soit dans une petite fosse septique, soit dans la fosse à boues. Une tuyauterie de vide met en communication l'extracteur, les réservoirs d'usine et le collecteur avec un groupe de deux pompes à vide capables d'aspirer chacune 750 mètres cubes à

l'heure. Ces pompes sont commandées électriquement, toute l'usine étant branchée sur le réseau électrique de Villeneuve-Saint-Georges.

Établie d'après les résultats importants et pratiques obtenus à l'usine expérimentale de *la Madeleine*, l'usine d'épuration projetée à *Villeneuve-Saint-Georges* comporte un bassin régulateur de 150 mètres cubes qui recevra les eaux de refoulement des pompes. De ce bassin les eaux s'écouleront, avec un débit qui sera réglé de manière à être aussi constant que la bonne marche de l'épuration l'exigera, dans deux fosses septiques d'une capacité utile totale de 300 mètres cubes, puis elles se déverseront par intermittence, au moyen de siphons automatiques spéciaux, sur des lits percolateurs d'une surface de 300 mètres carrés. L'effluent épuré traversera un bassin de décantation de 100 mètres où finalement les eaux se clarifieront avant qu'elles soient rejetées dans l'égout pluvial qui les dirigera vers le débouché en Seine. Ce dernier bassin permettrait, d'ailleurs, de faire subir aux eaux, sortant des lits percolateurs, une épuration complémentaire au point de vue microbien, dont l'expérience pourrait montrer la nécessité, au moyen d'un réactif approprié, par exemple au moyen de permanganate de chaux. En cas d'épidémie, notamment, ce bassin serait appelé à fonctionner avec des réactifs particulièrement énergiques. Enfin, une petite fosse septique destinée spécialement à traiter les boues de l'extracteur, et une fosse à boue pouvant recevoir les décharges des dépôts insolubles des fosses septiques, en attendant leur enfouissement, complètent l'installation épuratoire.

La question de l'évacuation des ordures ménagères, qui est à l'étude depuis plusieurs années, sera envisagée après l'établissement du système atmosphérique limiteur à Villeneuve-Saint-Georges. Des essais destinés à consacrer par la pratique les solutions examinées pourront, en effet, être tentés en utilisant partie ou totalité du réseau en vue de ce nouvel objet. Les expériences déjà effectuées sur les réservoirs-limiteurs et sur les canalisations de rues permettent de bien augurer de l'avenir. Grâce à la puissance des chasses, cette nouvelle application du système atmosphérique limiteur peut fournir, du problème de l'évacuation des ordures ménagères, une so-

lution très pratique qu'on ne peut songer à obtenir avec tout autre système d'égouts.

*
* *

La nouvelle station d'épuration de la ville de *Lille* ne représente que l'amorce d'un vaste projet d'assainissement entraînant la réfection totale des égouts. Elle est en voie d'achèvement et permettra d'épurer par le système biologique artificiel, avant leur rejet à la Deûle, les eaux résiduaires du quartier de l'abattoir, y compris celles de l'abattoir lui-même, qui sont les plus polluées.

L'installation, exécutée par M. l'ingénieur sanitaire *Degoix*, comporte une vaste fosse septique en ciment armé, de 200 mètres cubes de capacité, et un lit percolateur alimenté par des réservoirs de chasse intermittente avec réseau de distribution en jets. La planche V montre les dispositifs particulièrement intéressants qui ont été adoptés pour la construction de la fosse septique, en vue d'y retenir le mieux possible les matières non solubilisées.

*
* *

Le projet d'assainissement de *Privas*, tout récemment adopté par le Conseil municipal et approuvé par le Conseil supérieur d'hygiène réalisera également l'épuration par le système biologique artificiel, mais avec filtration des eaux sortant de la fosse septique sur deux lits percolateurs successifs.

Ce projet a été dressé par *M. Chardon* (de *Levallois-Perret*).

*
* *

D'autres installations de moindre importance ont été exécutées ou sont sur le point de l'être après avoir fait l'objet de sérieuses études de la part de leurs auteurs. Nous citerons en particulier celle de M. *L. Gaultier*, ingénieur-architecte à Paris, pour *Montpellier*. Les eaux sortant de la fosse septique sont distribuées sur le lit bactérien, non point en surface, mais par des goulottes rangées parallèlement à une faible profondeur sous une mince couche de gros mâchefer. Cette disposition, qui a été adoptée par plusieurs villes anglaises, supprime une

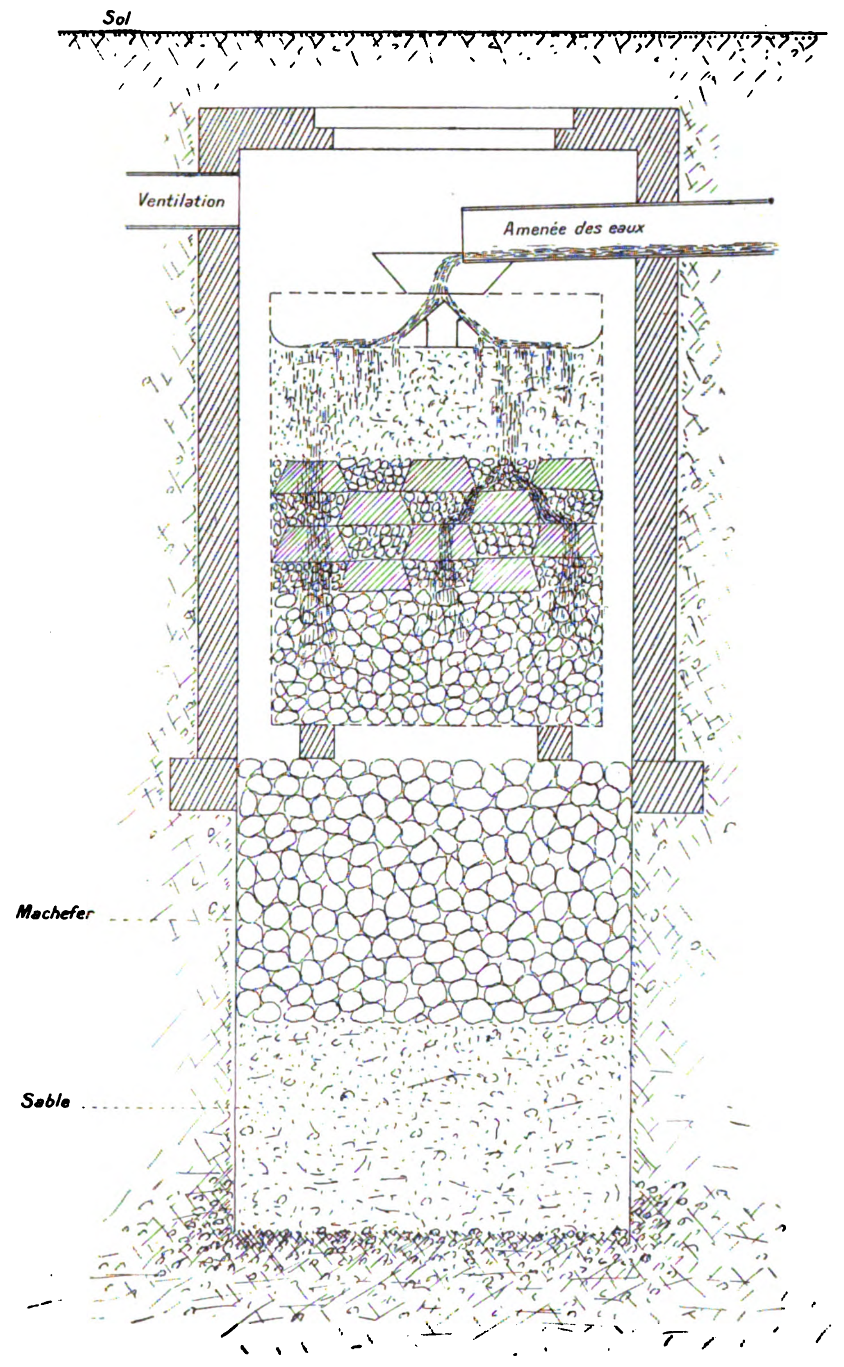


Fig. 14. — Puits nitrificateur absorbant de L. Gaultier.

grande partie des odeurs parfois désagréables que dégagent les lits bactériens. C'est un avantage précieux, surtout pour les pays chauds.

M. *L. Gaultier* continue avec succès sa campagne active, dans les communes rurales, pour la suppression des puisards et pour leur remplacement par son système de puits absorbant nitrificateur qu'il a perfectionné. Son dispositif très simple, dont la figure 14 donne une idée nette, permet aux maisons de campagne qui ne peuvent être desservies par un réseau d'égout d'évacuer leurs eaux-vannes dans le sous-sol en les épurant suffisamment pour qu'elles ne puissent pas contaminer les nappes souterraines.

Ce puits absorbant nitrificateur consiste en une cuve en tôle entièrement perforée et aérée sur tout son pourtour, dont l'intérieur, garni de mâchefer et de tourbe, filtre une première fois les eaux. A leur sortie, celles-ci viennent tomber dans une nouvelle couche de mâchefer et elles traversent ensuite des couches de sable. On évite ainsi le colmatage du fond du puits.

Trop de personnes, peu familiarisées avec l'étude des processus d'épuration biologique, s'imaginent qu'on peut remplacer le puisard par une sorte de filtre. Le Touring-Club de France a indiqué récemment, dans une notice rédigée par sa Commission d'hygiène (Technique sanitaire, juillet 1906, p. 146), un modèle de puisard soi-disant amélioré. Or ce puisard, si l'on s'avisait de le construire, se colmaterait en quelques semaines dans ses parties profondes pour peu qu'on y déverse des eaux savonneuses ou grasses. Il est entièrement à condamner.

Le puisard est toujours un fléau. Si parfaitement absorbant qu'il puisse être, il constitue un danger permanent de pollution pour les nappes souterraines. Mais rien ne peut lui être substitué à la campagne : il faut donc l'aménager de telle sorte qu'il présente le minimum de nocuité. Le puits nitrificateur est, à cet égard, un progrès incontestable.

***

Mentionnons en terminant ce court chapitre, les efforts tentés par le *Dr Rouchy*, chef du laboratoire de contrôle des

champs d'épandage de la ville de *Paris* au jardin modèle d'*Asnières*, en vue de réaliser l'épuration *continue* des eaux d'égout simplement décantées.

Le *Dr Rouchy* a expérimenté un dispositif auquel il donne le nom de *colonne épuratrice* et qui est constitué par des scories du volume d'un noyau de cerise qui sont enfermées dans un

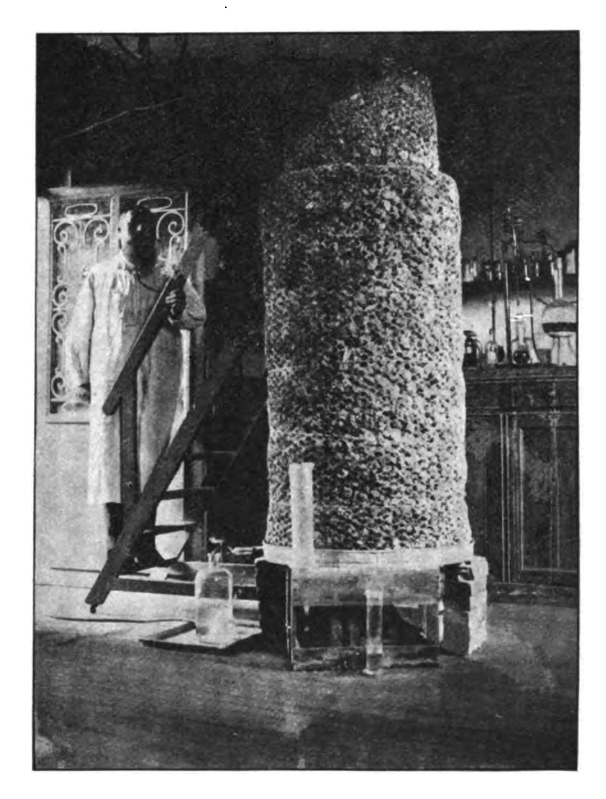


Fig. 15. — Colonne épuratrice continue du Dr Rouchy.

cylindre de toile métallique, le tout reposant sur un bassin de tôle galvanisée, percé d'une ouverture latérale par laquelle l'eau s'écoule après épuration. Ce cylindre (fig. 15 et 16) a 1m,80 de hauteur et 0m,75 de diamètre ; une couche de sable de 5 centimètres d'épaisseur est disposée à la surface supérieure des scories ; elle empêche le colmatage qui pourrait se former et aide à la distribution uniforme de l'eau.

« L'eau d'égout à épurer doit être admise à s'écouler *conti-*

nuellement et avec un *débit uniforme* dans l'appareil distributeur formé d'un godet en zinc. Celui-ci est percé, sur ses faces latérales, de 8 ouvertures de 1 centimètre de diamètre dans

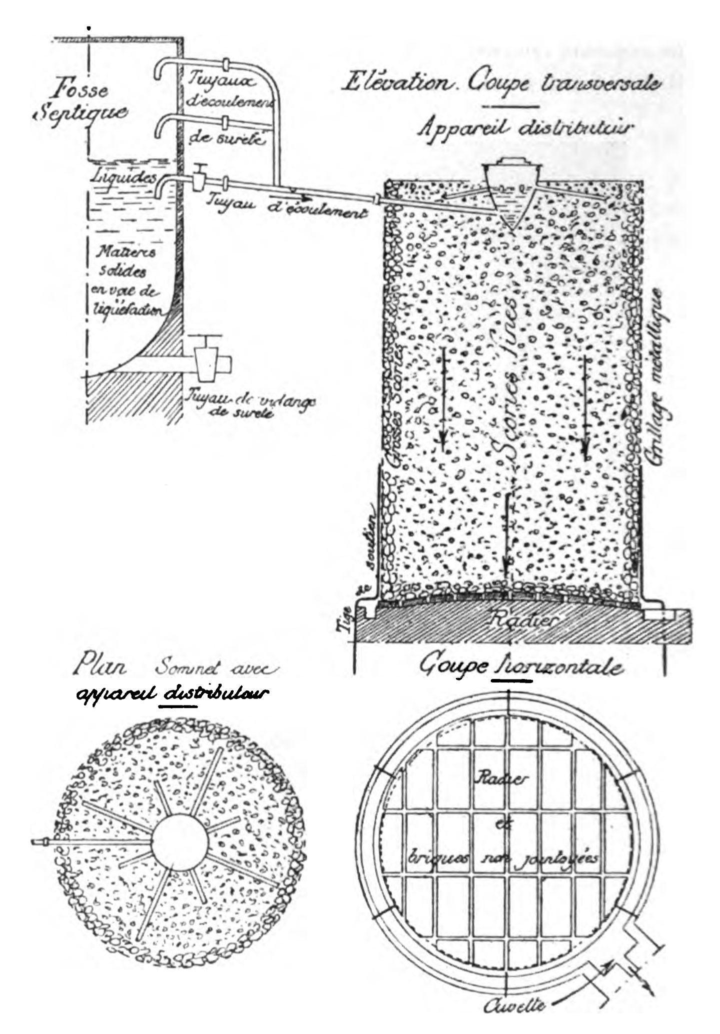


Fig. 16. — Schéma de la colonne épuratrice continue du Dr Rouchy.

chacune desquelles s'engage, avec une légère pente, une gouttière pa r laquelle l'eau se distribue *uniformément* et *très régulièrement* à la surface du sable sur 8 points également espacés les uns des autres. Cette distribution est faite par

égouttement et non par déversement, comme on la fait dans les lits de contact [1]. »

Cet appareil a fonctionné au laboratoire d'*Asnières* dans des conditions satisfaisantes avec un débit de 480 litres par mètre carré et par 24 heures.

Les principes sur lesquels il repose peuvent être appliqués vraisemblablement sans difficultés lorsqu'il s'agit de traiter un faible volume d'eau d'égout préalablement bien décanté. Mais il serait extrêmement difficile, pour ne pas dire impossible, d'assurer la répartition continue avec débit uniforme d'un grand volume d'eau sur des lits bactériens de vastes dimensions.

[1] *Les eaux d'égout de Paris*, thèse de doctorat en médecine, par Ch. Rouchy. Jules Rousset, éditeur, 1907.

CHAPITRE XII

L'ÉPURATION BIOLOGIQUE EN ANGLETERRE

RÉSUMÉ
DU CINQUIÈME RAPPORT DE LA COMMISSION ROYALE ANGLAISE
PUBLIÉ LE 7 AOUT 1908

La *Commission royale* qui fut instituée par décret de la reine *Victoria* en date du 7 mai 1898 avait pour programme :

1° De déterminer quels procédés de traitement ou d'évacuation des eaux résiduaires urbaines ou industrielles sont susceptibles d'être adoptés pour répondre aux exigences des lois protectrices de la santé publique, tout en sauvegardant les intérêts économiques dont les autorités locales ont la charge ;

2° De préciser les conditions d'emploi de ces procédés, suivant la nature ou le volume des eaux d'égout et suivant les différentes circonstances qui peuvent se présenter dans chaque localité.

A l'origine, cette Commission fut composée de neuf membres choisis parmi les plus hautes autorités sanitaires et scientifiques du Royaume-Uni :

Walter Stafford, comte de Iddesleigh, président ;
Sir Richard Thorne-Thorne ;
Phipps Carey ;
Charles Philip Cotton ;
Michael Foster ;
Thomas Walter Harding ;
Thomas William Killick ;
Sir William Ramsay.

Par suite du décès et du remplacement de six de ses mem-

bres sur les neuf qui la composaient, le cinquième rapport de ladite Commission, publié en 1908 est signé de :

Comte de Iddesleigh, président ;
T. Walter Harding ;
William Ramsay :
W. H. Power ;
T. J. Stafford ;
Reginald A. Tatton ;
Et *F. J. Willis*, secrétaire.

Ce rapport établit les résultats comparatifs des diverses méthodes de traitement ou d'épuration des eaux d'égout appliquées ou expérimentées en Angleterre au cours de ces dernières années.

Avant de le rédiger, la Commission a tenu 144 séances et a fait comparaître devant elle, pour recevoir leurs communications ou leurs rapports d'expériences, 239 ingénieurs, chimistes, bactériologistes, délégués de villes ou de sociétés industrielles, etc., intéressés à l'étude du problème de l'épuration des eaux d'égout.

Elle a visité elle-même en outre, à plusieurs reprises, les plus importantes stations d'épuration.

Le rapport commence par affirmer qu'on peut toujours épurer, aussi complètement qu'on le désire, les eaux d'égout des villes, soit par épandage, soit par le traitement biologique artificiel, et qu'il n'y a pas de différence essentielle entre les deux procédés parce que, dans l'un et dans l'autre, sauf en ce qui concerne la séparation mécanique des matières en suspension, l'épuration est réalisée surtout par les microorganismes.

En conséquence, les deux points essentiels qu'il importe de préciser sont : d'abord, *quel est le degré d'épuration exigible suivant les conditions locales de chaque ville et suivant la qualité des eaux de la rivière ou du fleuve dans lequel l'effluent épuré devra être rejeté*; ensuite *quel est le moyen le plus économique pour obtenir le degré d'épuration désiré.*

Le choix du meilleur dispositif d'épuration dans tel ou tel cas particulier dépendra donc de considérations multiples.

I

TRAITEMENT PRÉALABLE POUR ÉLIMINER LES MATIÈRES EN SUSPENSION

L'expérience prouve qu'avant de soumettre l'eau d'égout à un traitement quelconque (épandage ou épuration biologique), il est généralement plus économique de lui enlever, au moyen de grilles ou de cribles, la plus grande quantité possible de matières en suspension (débris de bois, chiffons, papiers, bouchons, etc.).

On doit en séparer aussi avec le plus grand soin les détritus minéraux tels que scories ou mâchefer, sables, déchets métalliques, et il faut prévoir à cet effet des bassins spéciaux dont la capacité sera tout juste suffisante pour permettre le dépôt des corps lourds, mais non celui des matières organiques entraînées.

Bassins de sédimentation en eau stagnante. — Les expériences de *Leeds* et de *Sheffield* ont montré que, pour ce qui concerne le sewage (eau d'égout) de ces deux villes, la stagnation en repos complet pendant deux ou trois heures dans un bassin suffit à le débarrasser des substances solides en suspension et à produire un effluent convenablement décanté.

Mais aucune règle précise ne permet de déterminer sans essais préalables le temps de repos nécessaire pour obtenir partout le même résultat. Certains sewages très concentrés, tels que ceux qui renferment des résidus de brasserie ou de tannerie en forte proportion, exigent une sédimentation prolongée. Dans tous les cas, la séparation des matières en suspension, par cette méthode, impose l'obligation d'enlever les dépôts de chaque bassin après que ceux-ci ont été remplis deux fois.

Bassins de sédimentation en eau courante. — La méthode de sédimentation en eau courante consiste à faire traverser à l'eau d'égout un ou plusieurs bassins successifs, dans lesquels

la nappe superficielle seule est en mouvement de translation continue du point d'entrée au point de sortie.

Elle nécessite des nettoyages fréquents (au moins un chaque semaine) ou des dispositifs d'évacuation automatique des boues, pour éviter la fermentation septique de celles-ci.

La durée totale du séjour de l'eau dans le ou les bassins peut varier suivant la composition du sewage, de 4 à 15 heures.

Les bassins de sédimentation, soit en eau stagnante, soit en eau courante, ont l'inconvénient de produire de grandes quantités de boues, dont l'enlèvement et la manutention dégagent des odeurs très offensives. Les odeurs malsaines sont considérablement réduites par l'emploi des *septic tanks* ou *fosses septiques*.

Fosses septiques (Septic Tanks). — Les phénomènes de dissolution des matières organiques en suspension dans le sewage sont connus depuis de longues années, mais il ne semble pas qu'on se soit préoccupé d'en tirer un parti pratique jusque vers 1897, époque à laquelle *M. Cameron*, ingénieur municipal d'*Exeter*, proposa à cette ville l'adoption du *septic tank system*.

On prétendait alors que le *septic tank* solutionnait la question des boues parce que toutes les matières organiques en suspension pouvaient y être solubilisées.

On prétendait également que les microbes pathogènes y étaient détruits.

On affirmait enfin que le sewage préalablement fermenté en *septic tank* était plus facile à purifier par oxydation que le sewage simplement décanté ou traité par les réactifs chimiques précipitants.

On sait aujourd'hui que la première de ces revendications en faveur des *septic tanks* n'est pas absolument exacte : en fait, toutes les matières organiques ne sont pas solubilisables, et la quantité de ces matières qu'un *septic tank* peut dissoudre varie suivant les caractères du sewage, suivant la dimension des bassins par rapport au volume traité, et suivant la fréquence des dragages qui y sont effectués.

Le pourcentage des matières organiques dissoutes pour un

séjour de 24 heures est de 38 pour 100 à *Sheffield*, de 25 pour 100 à *Exeter*, de 30 pour 100 à *Ilford*. Le sewage de cette dernière localité est particulièrement concentré.

On sait également que la seconde revendication relative à la disparition des microbes pathogènes est encore moins justifiée : l'effluent des *septic tanks* est bactériologiquement au moins aussi impur que le sewage brut.

La troisième est également infirmée par les expériences officielles faites par la Commission à *Dorking* avec un sewage domestique de concentration moyenne et dans d'autres localités. Ces expériences prouvent que la fermentation septique ne favorise en aucune manière l'épuration subséquente sur lits bactériens.

Donc, aucun des avantages primitivement attribués aux *septic tanks* ne peut leur être reconnu. En revanche, il n'est pas douteux que la fermentation septique, comme procédé de traitement préliminaire du sewage, soit, dans certaines circonstances. efficace et économique. Elle assure une décantation presque parfaite et elle permet d'éliminer par digestion 30 à 35 pour 100 des matières organiques en suspension dans le sewage brut.

Le fait que l'effluent d'un *septic tank* contient une quantité appréciable de matières en suspension, indique qu'un nettoyage ou un dragage partiel s'impose. Il est toujours plus recommandable de recourir aux dragages partiels assez fréquents, plutôt qu'à la vidange totale du bassin, afin de ne pas y interrompre la bonne marche des fermentations septiques. Les dragages seront faits par temps secs et les boues extraites seront, soit évacuées dans des tranchées et recouvertes de terre, soit séchées à la surface du sol et brûlées.

La *durée* de séjour du sewage en fosse septique est subordonnée aux conditions suivantes :

La décantation et la solubilisation des matières en suspension doivent être aussi complètes que possible.

Le mélange de la masse doit fournir un effluent de concentration moyenne à peu près constante.

Il est impossible de donner des règles générales à ce sujet, car les qualités que devra présenter le liquide sortant des *septic tanks* sont variables suivant les circonstances, princi-

palement suivant la disposition des lits bactériens, suivant la nature et les dimensions des matériaux qui les constituent, etc.

On peut admettre toutefois, comme limite maxima de durée, 24 *heures*, et comme limite minima, 12 *heures*. La dimension des *septic tanks* sera donc calculée de manière à retenir le flot moyen d'une période de 24 heures en temps sec. On se rappellera, d'autre part, que, plus le séjour du sewage en *septic tank* est prolongé au delà du délai optimum, plus les odeurs dégagées par l'effluent sont désagréables, et plus difficile est l'épuration subséquente.

La question de savoir si les *septic tanks* doivent être *ouverts* ou *fermés* est résolue de la manière suivante :

Lorsqu'il s'agit d'éviter les odeurs, il est préférable de les couvrir, mais *la couverture est le plus généralement inutile* et elle peut présenter des dangers par suite de l'accumulation et de l'explosion possibles des gaz.

Il peut quelquefois être avantageux d'interposer, à la sortie des *septic tanks*, des bassins de décantation fine (tels que les *Dortmund*, comme à *Birmingham*) pour retenir les matières fines non encore dissoutes, entraînées dans l'effluent. On évite ainsi le dépôt de ces matières à la surface des lits bactériens.

Dans certains cas, il sera recommandable d'ajouter à l'effluent des *septic tanks*, avant son admission sur les lits bactériens, une très petite quantité de chaux (28 à 33 milligrammes par litre). On pourra alors augmenter considérablement le débit des lits bactériens par mètre carré de surface et par jour, et l'odeur désagréable de l'effluent septique se trouvera presque supprimée. Toutefois, la Commission n'a pas pu étudier l'influence de cette addition de chaux sur une échelle assez vaste pour formuler une opinion nette sur sa valeur.

A *Blackburn*, sur les indications du Dr *R. H. Pickhard*, on ajoute à l'effluent du *septic tank* 14 milligrammes de chaux par litre pour faciliter sa nitrification.

*
* *

Précipitation chimique. — Certains sewages qui contiennent des résidus industriels nécessitent un traitement chimi-

que préliminaire et, même lorsqu'il s'agit des eaux-vannes ménagères, il peut être indiqué dans quelques cas d'en séparer les matières solides au moyen de réactifs précipitants, au lieu de recourir à la fermentation septique.

Les réactifs auxquels on peut s'adresser sont :

La chaux;

La chaux et le sulfate ferreux;

La chaux et le réactif alumino-ferrique:

L'alumino-ferrique seul;

L'alumino-ferrique avec le sang, le charbon et l'argile (*procédé ABC*);

Le ferrozone;

Le sulfate ferrique.

L'acide sulfurique.

Le réactif *alumino-ferrique* est le plus généralement recommandé lorsqu'il s'agit de traiter les eaux-vannes ménagères.

On peut, d'une manière générale, affirmer que, tant sous le rapport de l'économie que sous celui de l'efficacité, le *sulfate ferrique* permet d'obtenir les meilleurs résultats. Immédiatement après vient le *sulfate ferreux employé avec la chaux*. La *chaux seule* est à rejeter, car il en reste toujours trop en solution, sauf lorsqu'il s'agit d'un sewage acide.

Quels que soient les réactifs choisis, ceux-ci (sauf la chaux) seront employés en solutions et en quantités variables suivant les volumes d'eau d'égout à traiter. Toutefois, dans les petites stations d'épuration, comme ce réglage est très difficile, on trouvera plus commode et plus économique de faire traverser au sewage un panier ou un bassin contenant les réactifs à l'état de blocs solides. La chaux sera utilisée sous forme de *lait de chaux*, car, à l'état d'*eau de chaux*, elle nécessiterait un volume énorme de réactif à mélanger au sewage.

En moyenne, on doit admettre que le coût du traitement chimique s'élève à 7fr,90 pour 1000 mètres cubes de sewage.

Or, 1000 mètres cubes d'eaux-vannes ménagères produisent approximativement 346 kilogrammes de boues (pesées à l'état sec); et si nous envisageons un sewage qui contient 0,35 pour 1000 de matières en suspension (auxquelles il faut ajouter 0,05 pour 1000 provenant du réactif), en admettant qu'il reste dans l'effluent précipité et décanté 0,025 pour 1000

de matières en suspension, nous trouvons que le traitement chimique préliminaire séparera :

$$0,35 + 0,05 - 0,025 = 0,375 \text{ 0/00.}$$

Tandis que le traitement par fermentation en *septic tank* du même sewage domestique élimine au moins par digestion 30 pour 100 des matières totales en suspension, et en admettant qu'il reste 0,10 pour 1000 de ces matières dans l'effluent, on trouve que la quantité moyenne de boues laissées dans le *septic tank* est de

$$0\ 35 - 0,10 - 0,105 = 0,145 \text{ 0/00,}$$

soit 0,145 au lieu de 0,375 pour 1000.

Et comme les boues contiennent environ 90 pour 100 d'eau, on voit que la quantité de ces boues humides à extraire devient par 1000 mètres cubes :

Avec la décantation chimique.	3844 kg.
Avec les *septic tanks*	1454 kg.

On a constaté, d'autre part, que, pour enterrer en sillons 1000 tonnes de boues humides par an (à 90 pour 100 d'eau), il faut pouvoir disposer de 4000 mètres carrés de terre de qualité moyenne. Les surfaces nécessaires pour une station d'épuration ayant à traiter 1000 mètres cubes de sewage par jour, seront donc respectivement :

Avec la décantation chimique.	1401 kg. = 5521 m².
Avec les *septic tanks*.	530 kg. = 2112 m².

Deux hommes seront indispensables pour effectuer, dans le premier cas, le travail des tranchées; tandis qu'un seul suffira dans le second.

Les calculs de la Commission ont permis d'établir comme suit le coût respectif du traitement préliminaire par 1000 mètres cubes, en additionnant tous les frais de réactifs chimiques, de manutention de boues, de curage des bassins et les charges diverses, telles que location de terres, amortissement des constructions de bassins, etc. :

Avec la décantation chimique.	6927 fr.
Avec les *septic tanks*.	3465 fr.
Avec la décantation continue simple (sans précipitation chimique ni *septic tank*.	3109 fr.

Et le coût total de chaque système de traitement (y compris les charges de location et d'amortissement) est toujours pour 1000 mètres cubes par jour

	Coût total par an.	Coût total par 1000 mètres cubes.
Pour la décantation chimique. . .	10.082 fr.	27 fr. 62
Pour les *septic tanks* ouverts . . .	7.608 fr.	23 fr. 77
Pour la décantation continue simple (sans précipitation chimique ni *septic tanks*).	8.390 fr.	22 fr. 96

Les conclusions qui précèdent sont basées sur un très grand nombre d'expériences. On peut les considérer comme exactes.

Le choix du mode de traitement préliminaire à adopter dans telle ou telle circonstance sera donc basé sur les conditions économiques locales et sur la nature des eaux d'égout. Lorsqu'il s'agira d'un sewage particulièrement concentré ou contenant des résidus industriels en abondance, on s'adressera à le *précipitation chimique*. Par contre, lorsqu'on aura affaire à un sewage de concentration moyenne ou faible, la fermentation en *septic tank* ou la *simple sédimentation continue* sera indiquée.

Dans tous les cas, *il est essentiel de n'admettre sur les lits bactériens d'épuration qu'un liquide ne contenant plus ou presque plus de matières en suspension et celles-ci doivent être d'autant plus soigneusement éliminées que le matériel employé à la construction des lits d'oxydation est plus fin.*

II

ÉPURATION DU SEWAGE PAR LES FILTRES BIOLOGIQUES ARTIFICIELS

A. Lits de contact. — Nos connaissances sur le mode d'action des lits de contact sont très incomplètes et nous ne savons que fort peu de choses sur les phénomènes biologiques qui s'y accomplissent. Les agents de l'épuration n'y sont pas seulement des *microbes*, mais aussi des *vers*, des *larves*, des *insectes*, etc., et nous n'avons aucune idée du rôle que remplissent les uns par rapport aux autres.

On a remarqué par exemple que, dans certaines stations d'épuration d'eaux d'égout, les *vers* sont particulièrement abondants, tandis qu'ils manquent dans certaines autres.

La théorie généralement admise veut que l'ammoniaque soit fixée sur les matériaux des lits pendant les périodes de contact et oxydée pendant les périodes d'aération, de telle sorte que les nitrites et les nitrates formés sont entraînés pendant le remplissage subséquent. Toutefois, la totalité de l'azote ammoniacal n'est jamais entièrement transformée en nitrite ou en nitrate; il y a toujours perte d'une certaine quantité d'azote à l'état gazeux.

Construction des lits de contact. — On ne doit jamais improviser des lits de contact par simple excavation dans un sol argileux. Cette faute a été commise à *Hey Wood* et à *Oswestry*, et l'on n'a pas tardé à s'apercevoir que l'argile était entraînée dans les matériaux du lit par les mouvements de la masse liquide, et, au bout de peu de temps, les tuyaux de drainage en furent complètement obstrués.

En principe, il est toujours préférable de les construire en maçonnerie, avec une sole cimentée, imperméable, pourvue d'une pente suffisante pour assurer l'évacuation totale des eaux en une heure au plus, par une ou plusieurs vannes de sortie en relation avec le drainage.

Les canaux d'alimentation seront toujours pourvus de déversoirs mesureurs, afin qu'on puisse se rendre compte de la perte de capacité des lits, tant au second qu'au premier contact.

Profondeur des lits. — L'expérience montre que, dans les limites habituelles, la profondeur d'un lit de contact ne joue aucun rôle sur sa capacité d'épuration par mètre cube.

Il n'est généralement pas recommandable de leur donner une profondeur plus grande que $1^{m},50$ ni moindre que $0^{m},75$.

Pour qu'un lit de contact soit convenablement drainé, il est nécessaire que le fond soit constitué par des gros matériaux, et l'épaisseur de ceux-ci, y compris l'espace occupé par les drains, doit être de 15 centimètres. Le sewage qui s'accumule dans ces gros matériaux, et aussi dans les drains lors de la période de remplissage des lits, n'est pas aussi bien purifié que celui qui est en contact avec les matériaux fins. Il y a

donc intérêt à limiter au strict minimum ces espaces mal utilisables pour l'épuration.

L'accroissement de profondeur des lits de contact a l'inconvénient d'augmenter le poids des matériaux qui pèsent sur les couches inférieures du lit, d'où une cause de désintégration de ces dernières. D'autre part, les difficultés de nettoyage, lorsque celui-ci est rendu indispensable, sont aggravées.

Remplissage et vidange des lits. — Lorsqu'ils doivent fonctionner trois fois par jour, la meilleure périodicité à adopter pour les lits est celle des deux heures de plein (contact) pour quatre heures de vide (aération); mais il ne s'agit pas là d'une règle absolue.

Les périodes doivent, en tous cas, être aussi régulières que possible, car les variations troublent beaucoup les processus d'épuration. On a remarqué, par exemple, que lorsque les durées d'immersion sont prolongées accidentellement pendant cinq ou six heures, un grand nombre de vers viennent grouiller à la surface.

Les opérations de remplissage et de vidange doivent être effectuées aussi rapidement que possible, mais en évitant de provoquer le déplacement des matériaux, ce qui aurait pour résultat de les détériorer.

La distribution du liquide doit être égale sur toute la surface. Pour supprimer les odeurs, il est avantageux de disposer les canaux de répartition un peu au-dessous de celle-ci. Cette disposition nécessite toutefois une plus grande surveillance pour éviter le colmatage.

Valves automatiques. — Il n'est jamais possible de compter sur le fonctionnement régulier des valves automatiques pour le remplissage et la vidange des lits de contact. Toutefois, dans certaines conditions, elles peuvent réaliser une économie appréciable de main-d'œuvre.

Dans les grandes stations d'épuration, l'usage de ces valves automatiques n'est jamais recommandable, parce qu'elles ne s'adaptent pas aux variations de volume ou de concentration du sewage, aux changements d'état des lits, etc.... Il est donc préférable d'utiliser le travail manuel, qui est beaucoup plus sûr.

Les petites installations pourvues d'appareils automatiques

seront toujours surveillées de très près. A cette seule condition seulement, on peut en tolérer l'emploi.

Perte de capacité des lits de contact. — La perte de capacité des lits de contact dépend de plusieurs facteurs qui sont :

1° *La désintégration des matériaux du lit.* — Celle-ci est variable suivant la qualité et la nature de ces matériaux. Les plus durables sont les pierres concassées, puis viennent les scories de hauts fourneaux et les scories ou mâchefers d'usine.

2° *Le tassement des matériaux.* — Il résulte de la désintégration de ces mêmes matériaux et de l'entraînement des menus débris vers les couches profondes.

3° *Les dépôts de matières colloïdales*, qui vont en s'épaississant.

4° *La multiplication des microorganismes.* — Ceux-ci finissent par constituer des masses gélatineuses qui absorbent une grande quantité d'oxygène et dégagent beaucoup d'acide carbonique. Ils jouent le rôle capital dans le processus d'épuration, mais finissent par se multiplier quelquefois en trop grand excès; on est alors obligé de laisser reposer les lits pendant une ou deux semaines.

5° *Le volume exagéré de liquide admis sur le lit.*

6° *L'insuffisance de durée des périodes de repos.*

7° *L'insuffisance du drainage.*

8° *La présence de matières en suspension dans le liquide.*

Les meilleurs moyens d'éviter les pertes de capacité des lits sont :

D'éviter autant que possible l'accès de matières en suspension ou de substances colloïdales sur le lit;

D'utiliser des matériaux peu susceptibles de se désintégrer;

De n'employer que des matériaux de dimensions aussi égales que possible, affectant la forme de cubes ou de sphères;

D'assurer un drainage efficace;

De ne pas faire travailler les lits en excès;

De leur ménager des périodes suffisantes de repos;

De faire en sorte que le remplissage et la vidange ne produisent aucun déplacement des matériaux.

Lorsqu'il arrive que les lits de contact sont colmatés, il devient nécessaire de soumettre à un lavage convenable les

matériaux qui les constituent. On les fait alors passer dans des tamis-cribles cylindriques tournants qui reçoivent un fort jet d'eau à l'intérieur. Ce nettoyage, y compris le criblage et la main-d'œuvre pour la réfection des lits, s'élève à environ 2 francs par mètre cube.

Matériaux filtrants des lits de contact. — Les plus généralement utilisés sont les scories de hauts fourneaux et le coke; mais les briques concassées ou les pierres dures conviennent tout aussi bien. Le choix sera guidé par les circonstances locales. Plus les dimensions des matériaux employés sont petites, plus grande est la surface exposée au contact et plus efficace est l'épuration. Toutefois, la perfection de celle-ci dépend surtout de la large admission de l'air dans toutes les parties du lit pendant les périodes de repos. C'est pourquoi il est essentiel d'avoir un bon drainage et d'assurer la vidange rapide. Or, pour que ces deux conditions puissent être réalisées, il ne faut pas faire usage d'un matériel trop fin.

Il n'a aucunement paru nécessaire de diviser les matériaux du lit en couches d'inégale grosseur. Cela entraîne à des dépenses plus considérables de première installation et d'entretien, sans profit pour l'épuration. Une couche de gros matériaux sur les drains suffit. Pourtant, si l'eau renferme des matières en suspension ou des substances colloïdes en excès, il est préférable de recouvrir le lit d'une couche de fines scories sur 15 centimètres de hauteur.

Quantités de sewage susceptibles d'être traitées sur les lits de contact. — Ces quantités varient suivant la concentration du sewage, suivant la proportion de matières en suspension qu'il contient, suivant la nature et les dimensions des matériaux employés, et selon le degré d'épuration qui doit être exigé dans tel ou tel cas particulier, avec *un*, *deux* ou *trois contacts* successifs.

B. Lits percolateurs. — Le plus souvent, la profondeur des lits à percolation est commandée par les circonstances, selon la hauteur de chute naturelle dont on dispose. Mais, en règle générale, les résultats de l'épuration sont considérés comme d'autant meilleurs que la profondeur ou que la hauteur des lits est plus grande. L'expérience montre pourtant

qu'avec une aération convenable et une bonne distribution, *le mètre cube de matériaux* fournit le même travail, que ces matériaux soient disposés en grande ou en faible épaisseur.

Les trois facteurs importants qui déterminent le débit des lits percolateurs sont :

1° *La nature des matériaux* (à surface polie ou rugueuse) ;

2° *La dimension de ces matériaux* ;

3° *L'état du filtre par rapport aux bactéries et aux organismes* (larves, vers, etc...) *qui s'y développent.*

En ce qui concerne l'influence de la *nature des matériaux*, on a constaté que les meilleurs résultats sont fournis par les matériaux à surface rugueuse et qu'avec une aération convenable le coefficient d'épuration varie avec la durée du temps que met le sewage à traverser l'étendue du filtre.

Pour ce qui est de la *dimension des matériaux*, il a paru évident que les matériaux fins, disposés en moindre épaisseur, assurent une épuration plus parfaite sans périodes de repos que les matériaux plus grossiers en plus grande épaisseur, pourvu toutefois que, dans les deux cas, la distribution soit convenablement assurée.

Mais, d'une manière générale, on peut affirmer qu'un lit percolateur de 1 mètre de profondeur, travaillant avec un débit de x litres par mètre carré et par jour, donnera des résultats équivalents à ceux que pourra fournir un lit de 2 mètres de profondeur recevant $2x$ litres par mètre carré et par jour.

S'il n'y a pas de colmatage, la balance penchera légèrement en faveur du lit épais, parce que, plus l'épaisseur est grande, mieux les erreurs de distribution sont neutralisées. Toutefois la limite de 1 mètre ne devra jamais être réduite.

Dispositif pour la distribution de l'eau sur les lits percolateurs. — L'essentiel pour le bon fonctionnement d'un lit percolateur est d'assurer une distribution aussi régulière que possible du sewage à sa surface, de telle sorte que chaque parcelle de matériaux reçoive une égale quantité d'eau. Les appareils de distribution doivent donc répondre aux conditions ci-après :

1° Distribuer le liquide uniformément sur toute la surface du lit ;

2° Ne pas être influencés par les circonstances atmosphériques telles que le vent, la gelée, etc... ;

3° Être susceptibles de s'adapter aux variations de débit du sewage, par conséquent distribuer avec une égale régularité les faibles débits nocturnes et les grands débits diurnes ou les flots d'orage ;

4° Ne pas être influencés du fait de l'obstruction de quelques trous ou orifices par des matières en suspension provenant du sewage ou de l'effluent des *septic tanks* ;

5° Être facilement nettoyables ;

6° Être construits de telle sorte que les parties mobiles du distributeur, en contact avec les parties fines ou avec des organes animés de mouvements différents, soient nettement isolées du liquide qu'ils doivent distribuer.

En choisissant un distributeur il est nécessaire de considérer la pression de l'eau, la force qu'il absorbera et, naturellement aussi, son prix d'achat et d'entretien.

La commission royale en a étudié six types différents (*sprinklers*, *becs pulvérisateurs*, *distributeurs à gouttes de Stoddart*). Elle n'en recommande spécialement aucun et se borne à signaler les défectuosités et les difficultés de réglage des *sprinklers*. Elle indique qu'à *Birmingham* les meilleurs résultats ont été obtenus avec les becs pulvérisateurs que *Watson* a préconisés.

Elle insiste enfin sur ce fait que tous les modes de distribution sur lits percolateurs ont l'inconvénient de dégager de mauvaises odeurs. Cet inconvénient est d'autant plus manifeste que l'eau est plus énergiquement projetée ou pulvérisée au-dessus du lit (*becs pulvérisateurs* et *sprinklers*). Il est réduit au minimum avec les systèmes qui répartissent l'eau très près de la surface du lit ou immédiatement sur celle-ci.

Recommandations spéciales pour l'établissement des lits percolateurs. — Il est toujours recommandable de disposer les lits percolateurs de manière à pouvoir interrompre le fonctionnement d'une partie d'entre eux. Dans les petites installations, où la totalité du sewage doit être traitée sur un seul lit alimenté par exemple par un sprinkler, lorsque celui-ci est arrêté par suite d'accident ou pour cause de réparation, on est

réduit à évacuer le liquide non épuré, à moins qu'on ne puisse le diriger sur un champ d'épandage.

L'expérience montre qu'il est indispensable d'aérer largement les faces latérales des lits percolateurs et qu'il est contre-indiqué de les enfermer dans des murs ou de les diviser en secteurs séparés.

Lorsqu'on fait usage de *sprinklers* il faut pouvoir disposer de trois de ces appareils au moins, pour permettre leur nettoyage et assurer la non interruption du travail pendant les périodes de repos.

Il arrive parfois que le développement exagéré de zooglées microbiennes, de masses gélatineuses, de champignons, etc... à certaines époques de l'année (particulièrement à la fin de l'hiver et au printemps) colmate la surface des lits percolateurs. En arrosant alors les lits ainsi colmatés avec une solution de soude caustique à 20 pour 100, on les remet à neuf. On obtient un résultat moins parfait, mais assez satisfaisant, avec une solution de sulfate de cuivre à 20 pour 100 ou avec un mélange de sulfate de cuivre et de lait de chaux.

Coût comparé des lits de contact et des lits percolateurs.

Prix du traitement de 1000 mètres cubes d'eau d'égout par jour et par temps sec (y compris intérêts et amortissements).

MODE de TRAITEMENT PRÉLIMINAIRE	LITS BACTÉRIENS DE CONTACT			LITS BACTÉRIENS A PERCOLATION		
	Traitement préliminaire	Lits bactériens	TOTAL	Taitement préliminaire	Lits bactériens	TOTAL
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
Traitement chimique avec décantation intermittente.	19,15	12.05 (un seul contact)	31,20	19,15	8,55	27,70
Traitement chimique avec décantation continue. . .	17,10	17,80	34,90	17,10	10,00	27,10
Simple décantation intermittente.	10,90	25,20	36,10	10.90	11,50	22,40
Simple décantation continue.	8,50	30,60	39,10	8,50	14,80	23,30
Fosses septiques.	9,40	30,60	40,00	9,40	14,80	24,20

Les dépenses d'épuration par lits bactériens percolateurs sont donc seulement environ les deux tiers de celles qu'entraîne l'emploi des lits de contact.

Toutefois, lorsqu'on fait subir au sewage un traitement chimique préalable par décantation simple, comme un seul contact peut suffire, le coût de l'épuration devient alors équivalent à celui d'un lit percolateur. Il peut même être un peu moins élevé.

Les dépenses sont naturellement en rapports avec le type d'installation ou de construction choisi.

D'après les calculs de la Commission royale, il faut compter en moyenne pour les lits bactériens à double contact de 1 mètre de profondeur, y compris les matériaux de construction et de garniture, les drains, les canaux de distribution, les appareils mécaniques, etc... sur une dépense de 35 fr. 25 par mètre carré.

Les matériaux de garniture sont alors comptés à raison de 10 francs le mètre cube, mis en place. Mais il arrive souvent que leur prix est beaucoup moindre.

Efficacité comparée des lits de contact et des lits percolateurs. — Pour comparer les résultats obtenus en différentes localités, la Commission royale a trouvé commode d'adopter une *unité d'épuration*, qui est basée sur l'oxydabilité du sewage et sur celle de l'effluent après traitement, déduction faite pour ce dernier de la quantité d'oxygène qui s'y trouve à l'état de nitrates.

Cette *unité* a été proposée par le *Dr Mac Gowan.*

L'unité de temps admise a été de 24 *heures*: l'*unité de volume* 1 *gallon*, et l'*unité de volume des matériaux filtrants* 1 *yard cube.*

Pour exprimer le nombre d'*unités d'épuration* obtenues avec un lit, on retranche le nombre de parties, en poids, d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique de 100000 parties de l'effluent de ce lit, du nombre de parties, en poids, d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique de 100000 parties du liquide arrivant sur le lit. Les chiffres ainsi obtenus sont multipliés par le nombre de gallons d'eau d'égout (par yard cube de matériaux) passant sur le lit en 24 heures.

La détermination de la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique étant une opération longue et délicate, *Mac Gowan* a proposé la formule suivante pour calculer les *unités d'épuration* :

(Az. ammoniacal + Az. organique) $\times$ 4,5 + (substances volatiles des matières en suspension) $\times$ 2 — (Az. nitrique) $\times$ 3.

Soient : A le nombre de parties d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique de 100000 d'eau brute;

B le nombre de parties d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique de 100000 d'eau épurée;

n la nombre de gallons d'eau épurée par yard cube de matériaux. On a :

$$\text{Coefficient de pollution, } C = (A - B) \times n.$$

On peut transformer cette formule pour l'usage des unités de mesures françaises :

Soient : A' le nombre de milligrammes par litre d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique de 1 litre d'eau brute;

B' le nombre de milligrammes par litre d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique de 1 litre d'eau épurée;

n' le nombre de mètres cubes d'eau épurée par mètres cubes de matériaux. On a :

$$\text{Coefficient de pollution, } C = \frac{(A' - B') \times n}{5{,}94 \times 10}.$$

Les deux valeurs de C seront égales.

Conclusions générales relatives aux lits de contact et aux lits percolateurs. — 1° La quantité d'eau d'égout susceptible d'être épurée par mètre cube de lit de contact ou de lit percolateur varie à peu près en sens inverse de la concentration du sewage traité. On suppose, bien entendu, que la dimension des matériaux de chaque lit est adaptée aux caractères du sewage traité et que ces matériaux sont disposés en épaisseur convenable pour assurer le maximum d'efficacité.

2° Si l'on tient compte de la perte progressive de capacité des lits de contact, il faut admettre qu'*un mètre cube de matériaux disposés sous forme de lit percolateur épure généralement*

environ deux fois plus de sewage qu'un mètre cube des mêmes matériaux en lits de contact;

3° Lorsqu'il s'agit de sewage contenant des substances capables d'exercer une action inhibitrice sur les microorganismes, les deux types de lit semblent alors fournir un travail équivalent. Mais ce point n'est pas encore bien établi;

4° Les lits percolateurs sont mieux adaptés aux variations de flot que les lits de contact;

5° Les effluents des lits percolateurs sont d'ordinaire mieux aérés que ceux des lits de contact et sont de composition chimique plus constante, tandis que le premier flot qui s'écoule au moment où l'on vide un lit de contact est toujours beaucoup plus impur que ne l'est la moyenne de l'effluent de ce même lit;

6° Les risques de gêne par les odeurs sont plus grands avec les lits percolateurs qu'avec les lits de contact;

7° On a constaté enfin que certains lits percolateurs, principalement ceux qui sont construits avec de gros matériaux, donnent lieu à un développement souvent exagéré de mouches. Pendant les mois chauds de l'année on y voit pulluler des *Psychodidœ* qui, bien qu'apparemment écloses dans les lits, envahissent en grand nombre les habitations voisines.

III

ÉPURATION DES EAUX D'ÉGOUT PAR LE SOL

On ne saurait mettre en doute qu'un sol approprié et suffisamment étendu soit parfaitement efficace pour oxyder les matières organiques contenues dans le sewage. C'est là un fait connu depuis longtemps.

Mais, pour se faire une opinion sur la valeur respective du sol comme agent d'épuration et des autres procédés biologiques, la *Commission royale* a jugé nécessaire d'étudier systématiquement le travail de plusieurs stations d'épandage, en particulier celles du *camp d'Aldershot*, de *Croydon* (*Beddington*), de *Nottingham*, de *Cambridge*, de *South Norwood*, de *Leicester*,

d'*Altrincham* et de *Rugby*. L'enquête a porté sur une période de plus de deux années.

*
* *

COMPARAISON DES EFFLUENTS DES TERRAINS D'ÉPANDAGE AVEC CEUX DES LITS ARTIFICIELS. — Jugés par l'analyse chimique, les deux sortes d'effluents possèdent les mêmes qualités.

Pour les 8 stations d'*épandage* observées, le taux moyen d'épuration, calculé d'après la méthode de *Mac Gowan* dont il a été parlé ci-dessus, est d'environ 98 *pour* 100.

Pour 7 stations d'*épuration biologique par lits de contact*, le taux moyen, calculé d'après la même méthode, est de 93,4 *pour* 100.

Pour 6 stations pourvues de *lits percolateurs*, ce taux est de 99,4 *pour* 100.

D'une manière générale, les effluents provenant des lits artificiels, tels qu'ils ont été construits jusqu'à présent, sont moins parfaitement épurés que ceux des bons terrains d'épandage où l'on ne traite, comme à *Nottingham*, pas plus de 120^{m^3},4 *par hectare et par jour*. Mais les effluents de terrains argileux sont le plus souvent de qualité très inférieure. La *Commission royale* estime qu'avec certains sols, le danger de laisser échapper vers les nappes souterraines une proportion plus ou moins grande de sewage non purifié est plus grand que dans le cas des lits artificiels.

Caractères bactériologiques des effluents. — Au point de vue bactériologique, le traitement du sewage sur le sol peut, dans les conditions favorables, réduire considérablement le nombre des bactéries. Cette réduction varie de 94 à 99 pour 100. Mais le Dr *Houston* a montré qu'elle ne signifie pas grand'chose parce que les espèces microbiennes dangereuses ou suspectes qui persistent dans l'effluent sont relativement en grand nombre.

Volume du sewage épurable par le sol. — En règle générale il faut admettre que, sur les meilleurs sols, on doit traiter au maximum 326 *mètres cubes par hectare* et par jour (ce qui correspond à 1000 habitants), après traitement préliminaire, c'est-à-dire après séparation par précipitation chimique ou par décantation, ou par fosses septiques, des matières en suspension dans l'eau d'égout.

Épuration par le sol.

Quantités d'eaux traitées par hectare en mètres cubes.

STATIONS	NATURE DES EAUX	NATURE		MÉTHODE DE TRAITEMENT	VOLUME PAR JOUR	VOLUME PAR AN	OBSERVATIONS
		DU SOL	DU SOUS-SOL				
Aldershot (Camp). .	Domestiques.	Sable.	Sable.	Grilles, sédimentation, filtration.	95.0	33.945	Les eaux sont très chargées. On obtient un haut pourcentage d'épuration, mais la surface est trop restreinte.
Altrincham	*Id.*	Tourbe.	Sable et gravier.	*Id.*	257,6	94.170	Avec un plus faible volume d'eau par hectare, les résultats seraient probablement bons.
Cambridge.	*Id.* (principalement)	Glaise sableuse.	*Id.*	*Id.*	340,5	124.283	Les effluents sont ordinairement bons, mais le volume traité est trop élevé.
Croydon (Beddington).	*Id.*	Glaise graveleuse.	*Id.*	Grilles et partie irrigation, partie filtration.	96,4	35.176	Avec la méthode adoptée le volume d'eau traité est trop fort, mais avec la surface employée, on pourrait obtenir de bons résultats par filtration seule.
Leicester.	3/4 domestiques, 1/4 industrielles.	Argile.	Argile.	Grilles, sédimentation et filtration combinées.	60,1	21.936	On traite un volume un peu trop fort pour obtenir des effluents très épurés.
South Norwood . .	Domestiques.	*Id.*	Argile de Londres.	Grilles, sédimentation, irrigation de surface.	44,8	16.352	*Id.*
Nottingham	4/7 domestiques, 3/7 industrielles.	Argile sableuse.	Gravier et sable.	Grilles et filtration.	120,4	43.946	Les analyses chimiques indiquent des effluents très épurés.
Rugby.	Domestiques (principalement).	Glaise.	Argile compacte.	Grilles, précipitation chimique, décantation, irrigat. filtrat. combinées.	95,2	34.758	Le volume traité est trop grand pour obtenir des effluents très épurés.

Pour les sols de mauvaise qnalité, tels que les sols argileux, on ne peut pas dépasser $32^{m^3},6$ *par hectare.*

Décantation préliminaire du sewage avant épuration par le sol. — Il est toujours avantageux de séparer par une bonne décantation les matières en suspension du sewage avant d'envoyer celui-ci en irrigation. On évite ainsi les inconvénients qui résultent de la décomposition de ces matières à la surface du sol.

Pertes d'azote pendant l'épuration par le sol. — Le principal élément fertilisant du sewage est l'ammoniaque qui est produit par la fermentation de l'urée des urines. Mais il faut aussi tenir compte des composés azotés organiques qui s'y trouvent en petite quantité, ainsi que des phosphates et des sels de potasse. Dans les procédés biologiques artificiels, des quantités variables d'azote provenant de l'ammoniaque et d'autres composés disparaissent : une partie de cet azote passe à l'état gazeux, une autre partie est assimilée par les organismes microscopiques, les vers, les mouches, etc.... Le reste est converti (lorsque l'épuration est en bonne marche) en nitrates.

Le tableau ci-après indique, d'après les expériences faites par la *Commission royale*, les proportions d'azote qui sont ainsi perdues lors du traitement des eaux d'égout soit sur les lits bactériens, soit sur le sol. Mais, dans le dernier cas, une part de cet azote disparu a été utilisée par les plantes.

Pourcentage d'azote du sewage disparu pendant le processus d'épuration.

	Environ 0/0.
Irrigation ou filtration par le sol.	60 (de 40 à 75).
Traitement par lits percolateurs.	40 à 50.
Traitement par fosses septiques et lits de contact.	40 à 45 (un seul contact). 40 à 50 (double contact).
Traitement par fosses septiques et lits percolateurs	30 à 40 (au moins).

Il n'existe malheureusement aucune méthode économique permettant d'extraire les nitrates d'un effluent épuré, autrement que par l'intermédiaire des plantes. Par conséquent, si les effluents biologiques artificiels ne sont pas utilisés en irrigation, mais sont rejetés dans les cours d'eau, il en résulte évidemment une perte regrettable qu'on ne peut pas éviter.

L'irrigation agricole est-elle dangereuse pour la santé? — Il n'en a été fourni jusqu'à présent aucune preuve, du moins pour ce qui concerne les champs d'épandage bien aménagés. Toutefois, on ne saurait tolérer l'usage de l'eau de puits creusés au voisinage de tels champs, sauf dans les cas où la nappe qui alimente ces puits est assez profonde et assez bien protégée contre les infiltrations de surface pour qu'aucune contamination ne soit à craindre par quelque fissure. Les terrains calcaires doivent toujours être considérés comme dangereux à ce point de vue.

*
* *

Cout de l'épuration par le sol. — Les sols et sous-sols à considérer peuvent être divisés en trois classes principales:

Classe I. — Toutes espèces de sols et de sous-sols de bonne qualité, c'est-à-dire *argile sableuse* avec sous-sol de *sable* et de *gravier*.

Sous-classe a. — Filtration avec culture;
Sous-classe b. — Filtration avec peu de culture;
Sous-classe c. — Irrigation de surface avec culture.

Classe II. — Terres fortes avec sous-sol argileux:
Irrigation de surface avec culture.

Classe III. — Terres argileuses compactes avec sous-sol d'argile également compacte :
Irrigation de surface avec culture.

Bilan de l'épuration par le sol.

	QUANTITÉ D'EAU D'ÉGOUT susceptible d'être pratiquement épurée PAR HECTARE ET PAR AN	POUR 1000 M³ PAR JOUR PAR TEMPS SEC	
		Surfaces	Prix
	m³.	hect.	fr.
Classe I, *Sous-classe a*)	48.700	7,4860 (¹)	16,85
Classe I, — *b*)	102.500	3,5647	12,81
Classe I, — *c*)	18.300	12,9222	20 »
Classe II	20.500	17,8237	28,70
Classe III	4.540	73,8185	39,64

(¹) Ces surfaces sont suffisantes pour traiter les eaux par temps de pluie lorsque leur volume n'excède pas trois fois le volume fourni par temps sec.

Bénéfices de culture. — Dans le traitement des eaux d'égout par irrigation, une partie des frais est compensée par les bénéfices de culture. Le montant de ces bénéfices varie pour les différentes exploitations, mais la *Commission royale* a calculé, d'après l'étude de 15 fermes, que, déduction faite du coût du travail cultural, il pourrait s'élever à environ 92 *fr.* 75 *par hectare moyen*.

* * *

Comparaison du coût total (déduction faite des bénéfices de culture pour l'irrigation culturale) de l'épuration par le sol ou par les filtres biologiques artificiels.

Les chiffres qu'indique le tableau ci-après sont, bien entendu, relatifs et sujets à de nombreuses variations suivant les circonstances locales. Ils ne valent que comme termes de comparaison entre les divers systèmes.

Prix comparatif de l'épuration des eaux d'égout d'une ville de 30 000 habitants (150 litres par tête en moyenne).

MÉTHODE DE TRAITEMENT	COUT TOTAL ANNUEL	COUT PAR 1000 M³	COUT PAR TÊTE D'HABITANT
	fr.	fr.	fr.
1° *Lits percolateurs.*			
Précipitation chimique, décantation continue et lits percolateurs . . .	44 913,95	27,10	1,50
Décantation continue simple et lits percolateurs.	38 126,35	22,50	1,25
Fosses septiques et lits percolateurs	38 762,15	24,20	1,30
2° *Lits de contact.*			
Précipitation chimique, décantation et lits à un seul contact.	57 805,50	34,90	1,90
Décantation continue simple et lits à double contact	64 921,55	39,10	2,15
Fosses septiques et lits à double contact	66 536,85	40,00	2,175
3° *Irrigation culturale.*			
Classe I — *Sous-classe a*)	28 015,10	16,80	0,875
Classe I — *b*)	21 211,75	12 80	0,675
Classe I — *c*)	32 705,50	19,75	1,05
Classe II	47 562,05	28,70	1,575
Classe III.	65 700,80	37,45	2,15

Si l'on admet qu'une terre réellement convenable peut être achetée au prix de 6000 *francs l'hectare*, le traitement par irrigation est alors probablement moins coûteux que l'épuration biologique artificielle. Mais lorsque le sol n'est pas approprié à l'épuration terrienne, ou lorsqu'on ne peut y traiter qu'un faible volume d'eau d'égout par hectare, le coût du traitement par irrigation devient plus considérable que celui de la plupart des procédés biologiques artificiels.

Les différences de prix ne sont cependant pas telles qu'on doive beaucoup en tenir compte. Le choix entre les deux méthodes sera dicté ou imposé par les conditions locales.

En règle générale, on peut dire que l'eau épurée par un bon terrain d'épandage ne contient plus de matières en suspension, tandis que l'effluent des lits bactériens, même décanté, en renferme toujours. Et cela peut avoir de l'importance pour les déversements dans certains cours d'eau.

IV

TRAITEMENT ET UTILISATION DES BOUES

Le traitement des boues, que celles-ci soient produites par la décantation du sewage avec ou sans précipitation chimique, ou par l'emploi des *septic tanks*, est une des plus graves difficultés de l'épuration, surtout lorsqu'il s'agit de grandes villes. Il en sera probablement toujours ainsi, parce qu'elles renferment trop peu de substances utilisables, mais surtout de l'eau et des matières minérales avec un peu de cellulose.

Conversion des boues en engrais. — Les expériences de conversion des boues en engrais qui ont été faites, pour la *Commission royale*, par le *Board of Agriculture* et par *The Royal Agricultural Society*, de 1905 à 1907, ont montré qu'unité pour unité, l'azote et le phosphate de ces boues sont moins utilisés par les cultures, toutes circonstances étant égales d'ailleurs, que les mêmes éléments employés sous la forme habituelle des engrais chimiques. Jugé à ce point de vue, le prix des boues, nommées en Angleterre *guano indigène*, est supérieur à leur valeur réelle.

A *Glascow* (*Dalmarnock*), on a employé le procédé *Melvin* pour la fabrication du « *globe fertiliser* » qui n'est autre chose que la boue obtenue par précipitation du sewage au moyen de la chaux et du sulfate ferrique. Cette boue, séchée à 65-70 degrés, est passée dans un moulin à farine. Elle en sort à l'état de poudre brune dont la composition moyenne est la suivante :

Humidité	22.51 0/0
Matières volatiles au rouge	33,98 0/0
Matières fixes	43.51 0/0
	100,00 0/0

Les matières fixes sont constituées par :

Cendres	10,75 0/0
Oxyde de fer et d'alumine	13,42 0/0
Chaux	12,00 0/0
Potasse (soluble dans HCl)	0,10 0/0
Acide phosphorique	1,11 0/0
Phosphate tribasique de chaux	2,42 0/0
Azote total	1,30 0/0

Le coût de fabrication de cet engrais est de 12fr,50 par tonne. L'économie réalisée par sa vente sur le coût de l'épuration est d'environ 5 francs pour 1 000 000 de gallons, soit 4 540^{m3} d'eau traitée. L'écoulement du produit est assez facile autour de *Glascow* jusqu'à présent.

Évacuation des boues en mer. — Il n'y a cependant aucun doute que pour les villes situées près de la mer, le moyen le plus économique de se débarrasser des boues est de les transporter au large, au moyen de chalands ou de navires spécialement aménagés à cet effet. On doit seulement s'assurer alors qu'il n'en résultera aucun inconvénient pour les environs immédiats du lieu de déversement, ni pour les parcs à huîtres ou à coquillages qui pourraient se trouver dans le voisinage. Ce mode d'évacuation des boues est employé à *Londres*, *Glasgow*, *Dublin*, *Manchester*, *Salford* et *Southampton*. Les dépenses qui en résultent varient suivant les distances.

Par tonnes de boues fraîches (90 pour 100 d'eau en moyenne) ces dépenses sont :

0 fr. 455 à *Londres*.
0 fr. 54 à *Glasgow*.
0 fr. 994 à *Manchester*.
1 fr. 600 à *Southampton*.

Boues comprimées. — Sous cette forme, beaucoup de villes

trouvent à se débarrasser de leurs boues de précipitation chimique au prix de 0,60 par tonne. Pour passer les boues aux filtres-presses, on les additionne généralement de 0,5 à 1 pour 100 de chaux sous forme de lait. Les tourteaux obtenus ne contiennent plus que 50 à 65 pour 100 d'eau, au lieu de 90 pour 100 que renfermaient les boues fraîches. Ce mode de traitement coûte environ de 2^fr^,50 à 6^fr^,25 par tonne de tourteaux produits, suivant la nature des boues, la quantité de chaux ajoutée et l'importance de l'exploitation. La chaux a pour effet d'agglomérer les matières.

Le pressurage des boues, sauf pendant les mois très chauds, peut s'effectuer sans dégagement d'odeurs trop nauséabondes pourvu que le local soit bien ventilé et isolé de toute habitation.

Enfouissement des boues dans le sol. — Ce procédé consiste à déposer les boues liquides dans des tranchées en forme de V, larges de $0^{m},60$, profondes de $0^{m},50$, qu'on recouvre aussitôt de terre. On les laisse sécher et, lorsqu'elles sont incorporées au sol, on laboure celui-ci et on le livre à la culture.

C'est un excellent moyen à recommander, surtout pour l'évacuation des boues de fosses septiques qui sont à peu près dépourvues d'odeur. Le remplissage des tranchées doit toujours être effectué par temps sec et les tranchées creusées plusieurs semaines d'avance afin que la terre soit aussi sèche que possible.

Il faut compter que 1000 tonnes de boues liquides nécessitent une surface variant de 40 à 120 ares suivant que le sol est très perméable, médiocrement perméable ou très argileux.

A *Birmingham*, le coût total comprenant la main-d'œuvre, le pompage, l'amortissement et la location des terres est d'environ 5 francs par tonne de boue à 90-95 pour 100 d'eau. On en évacue ainsi de 60 à 80 000 tonnes par an

A *Guilford*, on enfouit annuellement de la même manière 18 720 tonnes de boues avec une dépense moyenne de $6^{fr},45$ par tonne.

Simple dessiccation à l'air en « lagunes ». — Dans certains cas on préfère creuser simplement dans le sol un bassin dont le fond, drainé par des tuyaux, est garni d'une couche plus ou moins épaisse de mâchefer. Les boues liquides y sont déver-

sées et y restent jusqu'à ce qu'elles soient suffisamment sèches pour être manipulées à la pelle, ce qui nécessite de 2 à 6 mois suivant le temps et suivant la profondeur de la masse. A *Accrington*, les boues ainsi desséchées sont chargées sur des chalands et vendues au prix de 1fr,37 la tonne aux bateliers qui les transportent dans les districts agricoles.

L'inconvénient du système est que les étangs de boues dégagent pendant longtemps des odeurs désagréables et qu'ils constituent un danger pour les travailleurs, surtout pour les enfants, exposés à y tomber.

*
* *

Incinération des boues. — On a fait beaucoup d'essais en vue de brûler les boues de sewage, soit seules, soit mélangées avec des ordures ménagères, du charbon, des huiles ou des résines. La plupart de ces tentatives ont échoué, soit à cause des frais que nécessite la dessiccation préalable, soit parce qu'on a voulu traiter directement les boues humides contenant environ 90 pour 100 d'eau. Il est cependant possible de brûler les boues comprimées en tourteaux. A *Ealing*, les boues ainsi comprimées (à 60 pour 100 d'eau) sont additionnées d'ordures ménagères sèches dans la proportion de 1 1/2 à 2 d'ordures pour 1 de tourteau de boue, et brûlées dans un four à ordures.

A *Huddersfield*, les boues de précipitation chimique pressées sont mélangées avec 20 pour 100 de coke et incinérées dans un four *Horsfall*. Le coût total du traitement y compris le pressurage des boues est, par tonne de boues pressées et brûlées, de 6fr,40.

*
* *

Substances extractibles des boues. — Le principal exemple de boues dont il est possible d'extraire des substances utilisables est *Bradford*, dont le sewage contient une quantité considérable de résidus de lavage de laines (savons et graisses). Depuis plusieurs années on a expérimenté de nombreux procédés, et M. *J. Garfield*, ingénieur de la ville, est maintenant en mesure de tirer un parti avantageux de ces substances dont la valeur vient en déduction des frais d'épuration.

Le débit des égouts par temps sec est, à *Bradford*, de 59 000$^{m^3}$ par jour, dont la moitié est constituée par des eaux résiduaires industrielles et 20 pour 100 par des eaux de peignages de laine.

Le procédé utilisé est le suivant : le sewage passe à travers des bassins de décantation où il abandonne environ 7$^{m^3}$,164 de dépôt par jour, puis à travers des grilles. On lui ajoute ensuite de l'acide sulfurique en quantité telle que le liquide garde une acidité de 0,10 pour 1000 en So^4H^2. Le sewage acide se rend alors dans d'autres bassins de dépôt, disposés en séries. Le tableau suivant indique la composition du liquide décanté par rapport au sewage brut :

	Sewage brut.	Liquide décanté.
Matières en suspension	0,84	0,16
Matières en solution	1,81	2,24
Oxygène absorbé en 4 heures	0,17	0,11
Ammoniaque libre	0,03	0,01
Azote albuminoïde	0,02	0,01

Les boues évacuées des bassins de dépôt sont transportées dans des caissons métalliques : on y ajoute une nouvelle quantité d'acide sulfurique, on les chauffe aux environs de 100 degrés avec la vapeur d'échappement des chaudières et on les passe aux filtres-presses sous l'air comprimé. Les filtres-presses sont également chauffés à la vapeur et on y lance alternativement de la vapeur, puis des boues chaudes. Le liquide qui s'en échappe consiste en eau et graisses : on le conduit dans des récipients spéciaux où la graisse se sépare; après quoi celle-ci est bouillie avec de l'acide et de l'oxyde brun de manganèse pour lui donner des qualités marchandes.

Chaque année on produit environ 100 000 tonnes de boues contenant 80,15 pour 100 d'eau et 7,43 pour 100 de graisses, soit 37,7 de graisses pour 100 de matières sèches.

Les boues comprimées et dégraissées représentent un poids de 20 000 tonnes par an (à 27 pour 100 d'eau). Une partie est brûlée dans un four spécial, l'autre partie est vendue aux cultivateurs à 4^{fr},50 la tonne sur rail.

Pendant 6 mois, en 1907, la dépense totale de la station d'épuration, non compris les frais d'installation et les intérêts,

s'est élevée à 249 000 francs et les recettes provenant de la vente des graisses ont été de 293 150 francs.

*
* *

Cout comparé des différentes méthodes de traitement des boues. — Le coût des différentes méthodes de traitement des boues varie dans une large mesure suivant les circonstances locales. Néanmoins les chiffres ci-après fournissent de bons éléments de comparaison :

Méthode de traitement.	Coût moyen par tonne de boue à 90 0/0 d'eau y compris les intérêts, l'amortissement et toutes charges.
—	—
Évacuation simple sur le sol.	0fr,20
Transport et évacuation en mer	0fr,50
Enfouissement dans le sol, en tranchées.	0fr,50
Compression en tourteaux.	de 0fr,60 à 1fr,15
Compression en tourteaux et incinération (non compris l'intérêt et l'amortissement).	1fr,85

Il n'est pas douteux que les boues de sewage ont une valeur réelle comme engrais; mais les matières fertilisantes qu'elles renferment étant nécessairement mélangées à une masse considérable de substances inertes (sable, mâchefer, cendres, etc...), la possibilité de leur utilisation dépend surtout du prix de revient de leur transport à pied d'œuvre.

On doit prohiber l'emploi cultural des boues qu'on soupçonnerait pouvoir contenir des spores de bactéridies charbonneuses. Ce cas est exceptionnel d'ailleurs (eaux résiduaires de tanneries, de peignages de laines).

V

ODEURS DÉGAGÉES PAR LES STATIONS D'ÉPURATION

Toutes les stations d'épuration d'eaux d'égout sont susceptibles de dégager des odeurs désagréables : il faut en conséquence les éloigner des habitations, autant que possible.

Les odeurs sont beaucoup plus fortes lorsque le sewage contient des résidus de brasseries en assez grande quantité.

Par contre, certains résidus industriels, tels que les sels de fer facilitent les processus d'épuration.

Les odeurs sont en rapport, non seulement avec la composition du sewage, mais aussi avec le mode de traitement adopté.

« *Septic tank* ». — L'emploi des *fosses septiques* est plus offensif à cet égard que la précipitation chimique ou que la sédimentation simple. Lors de l'évacuation des boues, tous les bassins sont malodorants, mais les fosses septiques dégagent de l'hydrogène sulfuré en tout temps.

Si l'on couvre les fosses septiques et les canaux qui alimentent les lits bactériens, on diminue considérablement les odeurs; mais les liquides fermentés renferment alors une plus grande proportion de gaz sulfurés et leur épuration ultérieure est rendue plus difficile.

Lits bactériens. — Les odeurs dégagées par les lits bactériens sont plus fortes lorsque l'eau est distribuée à leur surface par des becs pulvérisateurs ou des jets que lorsqu'elle est simplement déversée en pluie d'une faible hauteur, ou en lames minces. Aussi les lits percolateurs sont-ils, à ce point de vue spécial, plus « offensifs » pour l'odorat que les lits de contact.

Les sewages concentrés et ceux qui contiennent des résidus de brasserie ou de tannerie sont les plus odorants.

Il arrive parfois que certains lits bactériens dégagent des odeurs plus désagréables lorsqu'ils ont fourni un travail excessif. Il suffit alors de les laisser reposer pendant quelques jours et, lorsqu'on les remet en fonctionnement, les odeurs ne reparaissent pas.

A *Ilford* et à *Andover*, on a couvert avec des scories, sur une faible épaisseur, les tuyaux de distribution de l'eau à la surface des lits. Les odeurs ont été fortement réduites par cet artifice simple.

Épandage sur le sol. — Lorsque le sol est très perméable et que l'épandage n'est pas excessif, celui-ci n'est, en général, pas offensif. Mais, avec certains états atmosphériques, nombre de champs d'irrigation produisent de fortes odeurs. Aussi est-il nécessaire de les éloigner le plus possible des endroits habités.

Désodorisation des effluents de fosses septiques. — L'emploi des fosses septiques suivi de celui de lits percolateurs est, dans certains cas, le mode de traitement le plus économique; mais lorsque le liquide à épurer est très odorant et que ces odeurs constituent une gêne réelle pour le voisinage, on réussit à corriger cet inconvénient dans une large mesure par l'addition d'une petite quantité d'*hypochlorite alcalin.* On peut fabriquer ce dernier sur place par électrolyse et il existe en Angleterre un procédé pratique à cet effet, connu sous le nom de « *Oxychlorides*, *Limited* ».

Des expériences faites par la Commission à *Guildford* pendant plusieurs mois, sous la direction de *M. Carter*, ont montré que les hypochlorites, ajoutés à doses suffisantes pour supprimer toute odeur d'hydrogène sulfuré, ne diminuent en rien l'activité des lits bactériens.

La Compagnie des « *Oxychlorides* » a fourni les indications ci-après, relatives aux frais de désodorisation des liquides sortant des « *septic tanks* » par addition d'oxychloride fort :

Quantité d'oxychloride ajoutée par 1000 m³.	Coût par 1000 m³.
60 litres.	2fr,54
84 —	3fr,34
120 —	4fr,94

Le capital de premier établissement est le même dans chaque cas. Pour le sewage de *Guildford* il a été de 30 500 francs.

Certains sewages peuvent être suffisamment désodorisés par l'addition de 43 milligrammes de chaux par litre. C'est une question d'espèce. On essayera donc dans chaque cas les réactifs qui paraîtront les plus convenables.

VI

TRAITEMENT SPÉCIAL DES EAUX D'ORAGE

Les règlements adoptés par le *Local Government Board* édictent que les installations d'épuration doivent pouvoir traiter normalement un volume d'eau d'égout trois fois plus

grand que celui produit en temps sec, et que, lorsque le volume normal de temps sec devient de trois à dix fois plus grand, le surplus de 3 à 6 doit être filtré sur des lits d'orage.

La Commission estime que ces règlements sont à modifier parce qu'ils ne sont pas suffisamment élastiques. Elle trouve que les dommages causés aux rivières par la décharge de masses importantes d'eaux d'orage résultent surtout de la quantité excessive de matières en suspension que ces masses d'eaux entraînent et qu'il est facile de séparer les matières dont il s'agit par une simple sédimentation.

Elle recommande donc, d'une manière générale :

1° De prévoir l'installation de deux ou d'un plus grand nombre de bassins susceptibles de recevoir l'excès d'eaux d'égout qui dépasse la capacité des fosses septiques ou des bassins de sédimentation ordinaires. Ces bassins, maintenus vides en temps normal, pourront retenir une masse d'eau d'égout au moins égale à 3 fois le débit moyen en temps sec.

2° Qu'aucun déversoir ne soit installé en aucune partie de la station d'épuration, hormis ceux qui doivent évacuer l'eau vers les bassins supplémentaires dont il est question ci-dessus.

3° Qu'autant que possible on ne construise pas de lits spéciaux d'orage, mais qu'on agrandisse suffisamment la station d'épuration pour qu'elle puisse traiter normalement la totalité du sewage qui doit être épuré, c'est-à-dire jusqu'à 3 fois le volume moyen en temps sec.

*
* *

Pollution des estuaires et des plages. — La nécessité de protéger les pêcheries et les parcs à coquillages oblige à empêcher les déversements d'eaux d'égout non épurées dans les estuaires ou au voisinage des plages. Il est toutefois difficile d'édicter des règles précises pour fixer le degré d'épuration exigible. Celui-ci variera suivant les circonstances. Il faut que les autorités sanitaires aient le pouvoir d'imposer à ce point de vue les conditions qu'elles jugeront utiles dans chaque cas.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Il est possible d'épurer les eaux d'égout des villes, aussi complètement qu'on le désire, soit par l'épandage sur le sol, soit par traitement sur les filtres artificiels (lits bactériens), et il n'y a aucune différence essentielle entre les deux procédés.

Toutefois lorsqu'on se propose d'adopter un procédé d'épuration il y a lieu de considérer les deux points principaux : 1° le degré d'épuration exigé par suite des circonstances locales et selon la rivière ou cours d'eau dans lequel l'effluent épuré sera rejeté ; 2° comment ce degré d'épuration peut être, dans le cas dont il s'agit, obtenu le plus économiquement.

Élimination des matières en suspension. — Il est généralement désirable d'éliminer de l'eau d'égout, par un traitement préliminaire, la plus grande partie possible des matières en suspension, avant de l'épurer soit sur la terre soit sur les filtres artificiels.

Bassins de sédimentation. — La sédimentation *par repos* d'une durée de 2 ou 3 heures est ordinairement suffisante pour obtenir un effluent débarrassé de la presque totalité des matières en suspension ; mais il faut rappeler que certaines eaux d'égout entraînent une plus grande quantité de matières que les autres ; ces matières se déposent alors incomplètement. On ne peut donc donner aucune règle générale fixant la durée de la décantation. Dans la sédimentation par repos, les boues doivent être fréquemment évacuées des bassins.

Pour la sédimentation avec *écoulement continu*, le dépôt des matières en suspension ne dépend pas seulement de la durée du séjour de l'eau dans le bassin ; il dépend aussi de bien d'autres facteurs. Si l'effluent de ces bassins doit être épuré sur des lits à matériaux fins, la durée sera généralement de 10 à 15 heures. Les boues seront évacuées au moins une fois par semaine.

Fosses septiques. — Toutes les matières organiques en sus-

pension dans l'eau d'égout ne se dissolvent pas dans les fosses septiques. La proportion de ces matières entrant en dissolution varie avec la composition de l'eau d'égout, la capacité des fosses comparativement au volume de l'eau traitée, et la fréquence de l'évacuation des boues. Dans une eau d'égout domestique, séjournant 24 heures en fosse septique, la dissolution est d'environ 25 pour 100.

L'effluent des fosses septiques est bactériologiquement presque aussi impur que l'eau d'égout entrant dans ces fosses.

L'eau d'égout domestique qui a séjourné en fosse septique n'est pas plus facilement oxydée par son passage au travers des lits bactériens que la même eau traitée par précipitation chimique ou par sédimentation.

On ne peut encore donner de règles définitives fixant la durée de fonctionnement des fosses septiques sans évacuation des boues. Dans le cas de petites installations d'épuration (agglomérations de 100 à 10.000 habitants) les boues ne seront évacuées que lorsque les matières en suspension dans l'effluent seront en assez grande quantité pour nuire au fonctionnement des filtres. Dans les grandes installations il est généralement recommandable d'évacuer de petites quantités de boues à de courts intervalles de temps.

La durée d'écoulement des eaux dans les fosses septiques doit être déterminée soigneusement; mais il y aura peu de cas où cette durée devra être de plus de 24 heures ou de moins de 12 heures. Il doit toujours y avoir 2 fosses septiques au moins, et chacune sera disposée de telle façon que, si cela est nécessaire, elle puisse être seule en service.

Pour la dissolution des boues et les qualités de l'effluent, les fosses septiques fermées n'offrent aucun avantage sur les fosses ouvertes. Cependant si la fosse septique et le canal distributeur aux filtres sont couverts, il se répand moins d'odeurs.

Si l'effluent de fosse septique, reçu dans une fosse de capacité égale à environ le quart du volume de l'eau traitée par jour, est traité par 28 à 42 milligrammes de chaux par litre, on réduit considérablement la quantité des matières en suspension dans cet effluent, et un beaucoup plus grand volume d'eau peut être épuré par mètre carré de lit bactérien; de plus, les odeurs sont notablement diminuées.

Précipitation chimique. — Dans le cas d'eaux d'égout contenant certaines eaux résiduaires industrielles, et d'eaux très chargées de villes ayant le tout à l'égout, il est généralement préférable de soumettre les eaux à une précipitation chimique avant d'oxyder la matière organique qu'elle contient. Dans le plus grand nombre des cas la précipitation chimique aide considérablement le dépôt des matières en suspension et facilite la filtration subséquente.

Il ne peut être donné de règles pour la capacité des bassins de précipitation. Avec écoulement continu, une durée d'écoulement de 8 heures est ordinairement suffisante pour obtenir un effluent convenable d'une eau d'égout de concentration moyenne. Pour les bassins de décantation par repos, une durée de dépôt de 2 heures est ordinairement suffisante.

Coût relatif des différents traitements. — S'il n'y a pas de circonstances spéciales exigeant un traitement particulier, il semble qu'il y ait très peu de différence dans le coût annuel entre les différentes méthodes lorsque l'épuration proprement dite est réalisée par les lits bactériens à percolation, et pourvu que le dispositif adopté dans chaque cas soit celui qui convient le mieux au traitement préliminaire considéré.

Lits bactériens. — Dans les limites ordinaires, la profondeur d'un lit de contact n'a aucune influence sur son efficacité par mètre cube de matériaux.

Il n'est généralement pas à recommander de construire des lits de contact d'une profondeur supérieure à $1^m,80$ ou inférieure à $0^m,75$.

Pratiquement, et avec une bonne distribution, la même épuration peut être obtenue avec la même quantité de *gros* matériaux, que ceux-ci soient arrangés en lits à percolation profonde ou peu profonde, si le volume de l'eau traitée est le même par mètre cube de matériaux dans chaque cas.

Pour les lits bactériens à percolation construits en matériaux *fins*, si le liquide à épurer ne contient pas de matières en suspension, et si une aération complète peut être maintenue, il en serait de même que pour les lits de gros matériaux. En pratique, cependant, ces conditions peuvent rarement être maintenues avec des grands volumes d'eaux traités, et la plus grande efficacité peut être obtenue aussi bien dans les lits de

matériaux fins peu profonds, que dans les lits profonds. On ne peut pas encore établir exactement une relation quantitative entre ces deux dispositifs de lits.

Le volume d'eau d'égout qui peut être épuré par mètre cube de lit de contact ou de lit à percolation varie, dans les limites pratiques, presque inversement avec la concentration du liquide traité. Ceci est donné en tenant compte de ce fait que le volume des matériaux dont le lit est formé, dans chaque cas, doit être approprié à la composition du liquide à épurer, et que les matériaux doivent avoir une épaisseur suffisante pour assurer l'efficacité maxima.

En tenant compte de la perte graduelle de capacité *des lits de contact*, un mètre cube de matériaux de *lits à percolation* épurera environ deux fois plus de liquide qu'un mètre cube de matériaux de *lits de contact*.

Dans le cas d'eaux d'égout contenant des substances qui entravent l'activité des microbes, le travail effectué par mètre cube de matériaux est le même dans les deux cas, mais ceci n'est pas clairement établi.

Les lits à percolation se prêtent mieux aux variations de volume des eaux à traiter que les lits de contact.

Les effluents des lits à percolation sont ordinairement beaucoup mieux aérés que ceux des lits de contact, et (à part les matières en suspension) sont d'une composition plus uniforme. Lorsqu'on vide un lit de contact, les premières eaux qui s'écoulent sont beaucoup plus impures que l'effluent moyen du lit.

Les odeurs sont plus fortes avec les lits à percolation qu'avec les lits de contact.

Dans les lits à percolation, les mouches peuvent devenir gênantes, surtout dans les lits de gros matériaux. Dans les mois chauds de l'année, de tels lits sont remplis de *Psychodidae* qui se disséminent en grand nombre jusque sur les murs des maisons aux environs des intallations.

Traitement des eaux d'égout sur le sol. — Il n'y a aucune distinction essentielle entre les eaux épurées par le sol ou par les lits artificiels.

Les effluents des terrains d'épandage qui sont particulièrement propres à l'épuration des eaux d'égout, contiennent seu-

lement une petite quantité de matière organique non oxydée, et sont ordinairement mieux épurés que les effluents des lits artificiels tels qu'ils sont construits et employés actuellement.

Lorsque les terrains d'épandage ne conviennent pas parfaitement à l'épuration des eaux d'égout, les effluents qu'on en obtient sont généralement très impurs.

Effet des eaux résiduaires industrielles. — Toutes les eaux résiduaires industrielles empêchent ou retardent l'épuration, mais on ne connaît aucun cas où l'admission des eaux résiduaires industrielles a rendu impossible l'épuration des eaux d'égout sur le sol ou sur les lits artificiels, quoique dans certaines circonstances des procédés spéciaux de traitement préliminaire soient nécessaires.

Odeurs. — Dans toutes les installations, il peut se dégager parfois des odeurs désagréables; aussi ces installations doivent-elles être autant que possible, éloignées des habitations.

Ces odeurs sont plus fortes lorsque les eaux d'égout contiennent des eaux résiduaires de brasserie; mais, par contre, la présence de certaines eaux résiduaires contenant par exemple des sels de fer ou des matières goudronneuses, rendent l'épuration moins malodorante.

L'importance de ces odeurs dépend non seulement de la composition des eaux d'égout, mais aussi de la méthode d'épuration employée.

OBSERVATIONS SUR LE CHOIX D'UNE MÉTHODE DE TRAITEMENT DES EAUX D'ÉGOUT

Généralités. — Le choix d'une méthode de traitement des eaux d'égout et la disposition de l'installation nécessitée par cette méthode de traitement, dépendent principalement des circonstances locales et on doit être guidé par les considérations suivantes :

Il sera dit plus loin (types d'épuration) que le degré d'épuration qui doit être imposé dans un cas particulier dépendra des circonstances locales et que les autorités s'attacheront à

déterminer par quel moyen on peut atteindre le plus économiquement le but cherché. Si une étendue suffisante de bonne terre perméable, sur laquelle l'eau d'égout peut s'écouler par gravitation, peut être acquis au prix de 6.000 francs l'hectare environ, le traitement par le sol sera ordinairement le plus économique. S'il est nécessaire d'obtenir un effluent parfaitement épuré, il peut être moins coûteux de payer un prix élevé pour une bonne terre, plutôt que d'adopter le traitement artificiel, car les effluents obtenus par le traitement des eaux d'égout sur les filtres artificiels, sont généralement inférieurs à ceux obtenus par le traitement de ces eaux sur un sol convenable, et il sera alors exigé un traitement supplémentaire des effluents des filtres artificiels. Sur un bon sol, une eau d'égout de concentration moyenne, dont on aura éliminé la majeure partie des matières en suspension, peut être déversée à raison de 337 mètres cubes par hectare et par jour, avec production d'un effluent très bien épuré. Si le sol n'était pas de qualité moyenne, capable de ne traiter, par exemple, que la moitié du volume indiqué plus haut, son utilisation peut encore être économique s'il peut être acquis au prix de 3.000 francs l'hectare environ.

Lorsqu'on ne peut disposer que de terres argileuses ou peu perméables, le traitement artificiel sera moins coûteux et plus efficace.

Il faut aussi considérer, pour savoir si l'on doit adopter l'un ou l'autre traitement, la situation et le niveau du sol, et quel que soit le système, il est essentiel d'établir l'installation dans un endroit qui permette les agrandissements.

Choix du procédé artificiel. — Les différentes méthodes de *traitement préliminaire*, employées dans les conditions favorables à chacune, coûtent sensiblement le même prix si l'on tient compte de l'épuration sur lits bactériens qui en dérive. Pour cette raison le choix du traitement préliminaire dépendra surtout des conditions locales et des facilités de traitement des boues.

Si les circonstances font que des quantités considérables de boues peuvent être, soit transportées à la mer, soit enfouies dans le sol, soit vendues pressées comme engrais, il sera probablement plus économique d'adopter un traitement permet-

tant la meilleure élimination des matières en suspension des eaux d'égout. Si, d'un autre côté, il est indispensable d'avoir aussi peu de boues et des dragages aussi rares que possible, les fosses septiques ou les bassins de sédimentation par écoulement continu seront les plus économiques.

La situation de l'installation et les odeurs qui peuvent s'en dégager seront également à considérer pour le choix du traitement préliminaire.

Les *lits bactériens de contact*, avec un seul contact, donneront généralement un bon effluent lorsque l'eau d'égout est diluée, mais seulement si le traitement préliminaire a été efficace. Pour l'épuration des eaux d'égout diluées, partiellement sédimentées, et aussi pour les eaux d'égout de moyenne concentration partiellement sédimentées, lorsqu'on devra exiger un bon effluent, il est nécessaire d'épurer par double contact.

Mais, dans presque tous les cas, on pourra traiter un grand volume d'eau en adoptant le système des *lits à percolation* plutôt que celui des *lits de contact*. Le volume d'eau traité par mètre cube de lits à percolation peut généralement s'élever au double de celui qu'il est possible d'admettre sur les lits de contact.

Pour les lits à percolation, si l'eau d'égout est diluée, et si le traitement préliminaire a éliminé la plus grande partie des matières en suspension, il est probablement préférable, dans la plupart des cas, d'employer les lits peu épais et construits en matériaux fins.

Si l'eau d'égout est concentrée, et spécialement si le traitement préliminaire laisse échapper une quantité considérable de matières en suspension, il est recommandable d'employer des lits profonds et construits avec de gros matériaux.

Si l'eau à traiter contient beaucoup de matières en suspension, il est ordinairement préférable d'établir des lits à percolation avec de gros matériaux, *quelle que soit la concentration de l'eau d'égout.*

Pour les eaux d'égout de moyenne concentration, dont la plus grande partie des matières en suspension aura été retenue par le traitement préliminaire, on peut employer indifféremment des matériaux gros ou fins.

Avec une eau d'égout de faible concentration et très bien clarifiée, une couche de matériaux très fins comme le sable, superposée au lit bactérien, donnera de bons résultats avec un taux de traitement de 2400 et même de 2900 litres par mètre cube de matériaux par jour. Dans ce cas, toutefois, le sable de surface devra être lavé à de courts intervalles : environ une fois chaque semaine.

CHAPITRE XIII

ÉPURATION DES EAUX RÉSIDUAIRES INDUSTRIELLES
ÉPURATION CHIMIQUE DES EAUX RÉSIDUAIRES DE TEINTURERIE

Les eaux résiduaires de teinturerie ont une composition chimique très variable : les unes sont acides, les autres alcalines, et dans certaines usines on pratique le blanchiment en même temps que la teinture. Ces eaux sont le plus souvent très diluées et seulement teintées de couleurs variées.

Le premier traitement qu'on doive leur faire subir est de les rendre neutres ou légèrement alcalines. Il arrive souvent que le mélange de toutes les eaux de l'usine, venant des divers ateliers, est suffisant pour obtenir la presque neutralité et qu'alors il n'est nécessaire d'ajouter que de très petites quantités de chaux. On doit toujours se garder d'élever, par l'addition d'une grande quantité de chaux, le degré hydrotimétrique, ce qui pourrait gêner considérablement l'emploi de l'eau de la rivière par les usines établies en aval.

La chaux produit déjà le plus souvent une précipitation et la décoloration partielle des eaux; mais il faut remarquer que les solutions alcalines de certaines matières colorantes sont quelquefois plus colorées que les solutions acides. Le sulfate ferrique et le sulfate d'alumine seuls ou associés peuvent donner de très bons résultats de décoloration, tout en éliminant les matières en suspension. Dans chaque cas particulier on devra déterminer le meilleur précipitant et la quantité optima de ce précipitant à employer.

On a décrit de très nombreux appareils pour la décantation et la filtration des eaux traitées par les composés chimiques. Nous croyons utile d'en décrire deux nouveaux qui nous sem-

blent construits d'une façon ingénieuse et vraiment pratique [1].

I. — Appareil Waite

D'abord construit pour l'épuration des eaux de rivières polluées devant servir à l'industrie, l'appareil *Waite* a été expé-

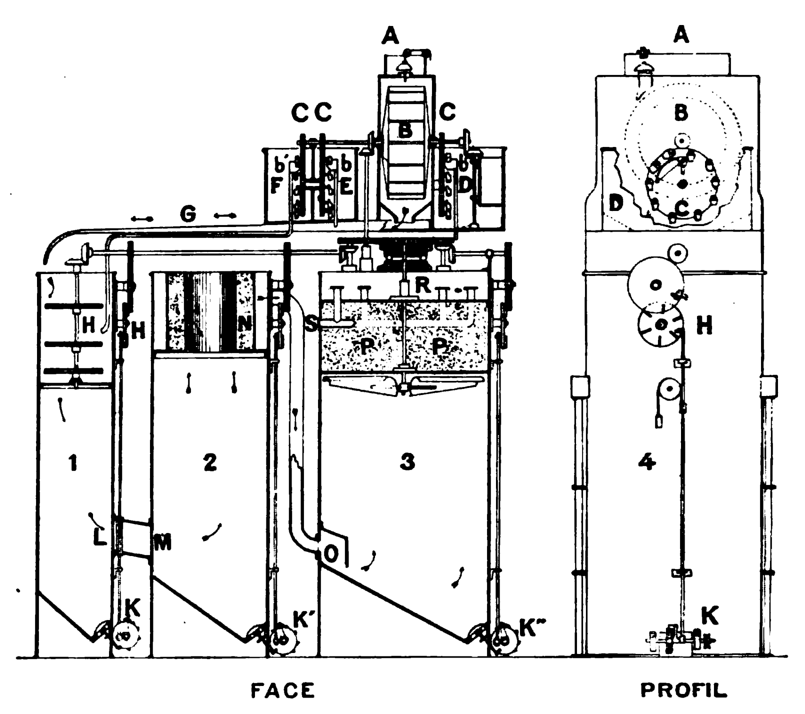


Fig. 17. — Appareil Waite.

A. — Conduite d'arrivée des eaux résiduaires.
B. — Roue hydraulique motrice.
C. — Roues à auges.
D, E, F. — Bassins à réactifs.
G. — Canalisation des eaux vers la tour 1.
1. — Tour de mélange.
2, 3. — Tours de décantation et de filtration.
H. — Commande automatique des vannes K.
K. — Vannes d'évacuation des boues.

rimenté pour l'épuration des eaux résiduaires de teintureries.

L'appareil (fig. 17) se compose de 3 tours verticales en fer. L'eau à épurer est pompée au-dessus des tours et tombe par

[1] Nous devons ces renseignements à M. H. Maclean Wilson, Chief Inspector of the *West Riding Rivers Board*, *Wakefield*.

A sur une petite roue à eau B qui entraîne : 1° un appareil très simple FED permettant d'ajouter le précipitant en quantité proportionnelle au volume de l'eau à épurer; 2° un autre appareil H qui, à la partie supérieure de la première tour, mélange l'eau avec les réactifs, et enfin 3° fait manœuvrer automatiquement des vannes d'évacuation des boues placées à la partie inférieure des tours *k*, *k'*, *k''*.

L'eau additionnée de réactif s'écoule dans la première tour où le mélange est effectué, puis, par une ouverture à 0m,30 ou 0m,60 du fond L, se rend dans la deuxième tour M. Dans celle-ci l'eau s'élève vers la partie supérieure et pour s'en échapper doit traverser un filtre circulaire en copeaux de bois N. L'eau est alors dirigée près du fond de la troisième tour O dans laquelle elle passe de bas en haut dans un nouveau filtre de copeaux de bois P. Elle sort épurée en R et est évacuée par S.

Les avantages de cet appareil sont que, par suite de la hauteur des trois tours, les bassins de décantation sont très profonds et la vitesse d'écoulement étant très réduite, le dépôt des matières en suspension est facile. De plus, la méthode d'addition des réactifs et d'évacuation des boues est ingénieuse.

Une quantité suffisante de solution des précipitants est introduite chaque jour dans trois petits bassins *b*, *b'*, *b''* à la partie supérieure des tours, pour le traitement journalier de toutes les eaux résiduaires. Chacun des bassins peut recevoir un réactif différent, ce qui permet de faire agir trois précipitants simultanément si cela est jugé nécessaire. Dans ces bassins tourne une roue à augets; les augets se remplissent d'une certaine quantité de la solution de réactif qu'ils déversent dans l'eau à traiter, après son passage sur la roue à eau qui donne le mouvement. De sorte que, plus le volume d'eau résiduaire est grand, plus la roue à eau tourne vite et par suite plus il y a de réactif déversé dans l'eau résiduaire.

L'évacuation automatique des boues est aussi réglée par le volume de l'eau qui entre dans l'appareil et, par une série d'engrenages et de roues dentelées, on peut effectuer l'évacuation à des intervalles fixés, par exemple de quart d'heure à une heure.

Les boues sont dirigées par une canalisation sur un filtre en scories et l'eau qui s'en écoule est traitée à nouveau.

Un appareil pouvant épurer 13$^{m^3}$,6 par heure et élevant l'eau à une hauteur de 13^m,50 a les dimensions suivantes. La première tour (mélange) a 9 mètres de haut et 0^m,90 de diamètre; capacité 6 mètres cubes environ. La deuxième tour (1re filtration) a 9 mètres de haut et 2^m,40 de diamètre; capacité 42$^{m^3}$,7. Outre cette tour, il est recommandé d'établir deux tours semblables de filtration ayant 9 mètres de haut et 2^m,10 de diamètre; capacité 32$^{m^3}$,7. La vitesse d'écoulement de l'eau est de 50 millimètres par minute dans les deux premières tours et de 32 millimètres par minute dans les deux autres.

La surface totale occupée par l'appareil est de 138 mètres carrés y compris 48 mètres carrés pour les filtres à boues.

Au début les réactifs employés étaient la chaux, l'aluminoferrique et la soude. Depuis, on a supprimé l'addition de soude et on ajoute 160 grammes de chaux et 110 grammes d'aluminoferrique par mètre cube d'eau.

L'effluent peut être réemployé, mélangé à de l'eau de puits, ce qui procure une économie lorsque l'usine est obligée de payer l'eau de la ville.

Le prix de l'appareil seul est de 13.250 francs sans compter les filtres à boues, la pompe, le réservoir d'alimentation de la pompe et les canalisations.

Les frais de main-d'œuvre, produits chimiques, etc., sont de 40^{fr},50 pour traiter 1000 mètres cubes par semaine.

II. — Appareil Mackey-Akeroyd

Cet appareil, breveté par *W. Mc D. Mackey*, a été expérimenté avec succès dans une teinturerie où on emploie principalement les couleurs d'aniline acides ou neutres, avec les myrobolans et un sel de fer. Comme autres produits chimiques contenus dans les eaux, on trouve le bichromate de potasse et l'acide sulfurique et aussi quelquefois un chlorure décolorant. Les essais ont porté sur 136 mètres cubes par jour en moyenne.

Toutes les eaux résiduaires sont reçues dans une fosse

d'une capacité de près de 6 mètres cubes, un peu trop petite pour les grands afflux d'eaux, mais la place était limitée. De cette fosse les eaux sont élevées par une pompe dans un grand réservoir de mélange en bois d'une capacité de $47^{m^3},7$ porté sur des piliers de maçonnerie à une hauteur de 6 mètres.

Dans un petit bassin en bois B (fig. 18) placé au-dessus du réservoir de mélange, on met de la chaux qui est délayée avec une partie de l'eau résiduaire et maintenue en mouvement par une roue actionnée par la chute de l'eau à traiter. La

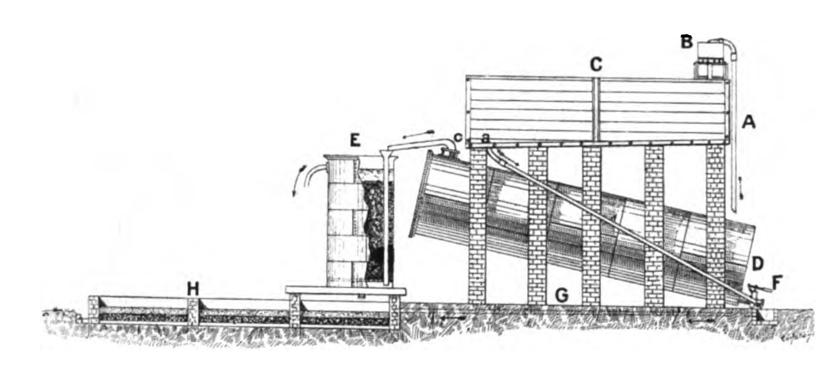


Fig. 18. — Appareil Mackey Akeroyd.

A. — Arrivée des eaux.
B. — Bac à réactif.
C. — Réservoir de mélange.
D. — Chaudière de décantation.
E. — Filtre pour les eaux décantées.
F. — Vanne d'évacuation des boues.
G. — Canalisation d'évacuation des boues.
H. — Filtre à boues.

quantité de chaux nécessaire pour obtenir une bonne précipitation varie considérablement d'un jour à l'autre, car l'eau résiduaire est quelquefois très acide, puis neutre et même alcaline; mais habituellement on en emploie 350 grammes par mètre cube.

L'eau résiduaire mélangée au lait de chaux se déverse au-dessous du niveau de l'eau dans le réservoir de mélange G. Elle s'écoule par une ouverture pratiquée dans le fond à la partie la plus éloignée de l'entrée, en *a*. L'utilité de ce réservoir est de mélanger autant que possible les eaux résiduaires de composition différente pour avoir un liquide moyen et de laisser agir la chaux.

De ce réservoir les eaux entrent dans le fond d'une sorte de chaudière cylindrique D, placée au-dessous et inclinée sous

un angle de 12 degrés avec le sol. On a soin de maintenir le liquide dans la chaudière à une pression constante. Cette chaudière a 7m,40 de longueur et 2m,25 de diamètre avec une capacité de 35 mètres cubes. L'orifice de sortie est au point le plus haut *c*, quoique au-dessous du fond du réservoir de mélange, de sorte que la chaudière est toujours remplie d'eau, qui, pendant le fonctionnement, entre constamment par le fond F, et sort par le haut *c*.

L'idée nouvelle qui a permis l'obtention du brevet est que le liquide qui traverse la chaudière abandonne les matières en suspension qui s'accumulent dans les parties basses et forment ainsi un obstacle, un crible, lequel retient les matières en suspension du liquide qui arrive de nouveau et ainsi leur dépôt en est facilité. De plus, le tuyau d'amenée des eaux est dirigée vers le haut, ce qui communique un remous au liquide et aide probablement au dépôt des matières solides. La boue qui s'accumule dans les parties basses de la chaudière est évacuée par F dans une canalisation spéciale, environ une fois par semaine; mais il faut avoir soin d'en conserver une certaine quantité dans la chaudière pour la raison indiquée plus haut.

L'effluent ainsi débarrassé de la plus grande partie des matières en suspension passe de bas en haut dans un filtre à coke E; un dispositif permet d'éviter le siphonnement. Ce filtre est une cuve cylindrique en tôle de 1m,95 de diamètre et de 3m,60 de haut, remplie sur une hauteur de 2m,70 de morceaux de coke de 12 à 37 millimètres. Le fond ne contient pas de coke sur 0m,45 de hauteur : c'est de là que le liquide s'élève pour être filtré. L'effluent est dirigé sur un barrage où il se mélange avec l'eau de la rivière, pour servir à la condensation. La boue qui s'accumule au bas du filtre est évacuée environ une fois par jour dans la canalisation spéciale, et le filtre est lavé par l'évacuation en sens inverse du liquide qu'il contient, c'est-à-dire de haut en bas.

Toutes les boues sont dirigées sur des filtres de scories H de 0m,60 de hauteur, bien drainés. Après quelques jours elles ont perdu assez d'eau pour pouvoir les mettre à sécher à l'air sur le sol. Pour les volumes d'eaux indiqués on a produit environ 12 tonnes de boues séchées à l'air en quatre mois.

Cet appareil a le grand avantage de tenir peu de place (seulement 100 mètres cubes). Le prix pour une installation complète pouvant traiter 13^{m^3},6 à l'heure est estimé par M. Mackey à 8750 francs. Ce prix serait réduit pour de plus grandes installations. Avec une consommation moyenne de 350 grammes de chaux par mètre carré, le prix du traitement est environ de 1 fr. 35 par jour auquel il faut ajouter les frais de pompage. L'addition de chaux et l'enlèvement des boues n'exige que le travail d'un homme pendant une heure.

La méthode employée pour ajouter le précipitant doit être réglée. La chaux seule ne donne pas de très bons résultats, car l'effluent a une trop grande dureté et son mélange avec les eaux de la rivière peut causer des ennuis aux usiniers établis en aval et se servant de ces eaux.

L'effluent final ne contient généralement plus de matières en suspension, mais il est encore un peu coloré en vert ou jaunâtre.

D'après les expériences faites, l'eau circule pendant 20 minutes dans le réservoir de mélange, 50 minutes dans la chaudière de décantation et 30 minutes dans le filtre, ce qui fait qu'elle met 100 minutes à traverser tous les appareils.

III. — Traitement biologique des eaux résiduaires industrielles a réaction acide

Nous avons fait remarquer à plusieurs reprises dans les volumes précédents, — et cela est aussi rappelé dans le rapport de la Commission royale anglaise, — que l'on peut, par certaines modifications, variant suivant la composition des eaux résiduaires industrielles, adapter les méthodes biologiques à l'épuration de ces eaux et qu'on a presque toujours un grand avantage à entreprendre des essais dans une petite installation expérimentale. On connaît déjà l'appareil *Scott-Moncrieff* qui permet ces essais. Nous avons nous-mêmes établi un dispositif de laboratoire décrit page 51 (chap. V).

Dans une étude du traitement des eaux d'égout acides *A.-H. Fardon* (1) décrit un petit appareil à écoulement inter-

(1) *Journal of The Royal Institute of Public Health*, January 1909, p. 33.

mittent, permettant d'expérimenter sur de très faibles volumes d'eau.

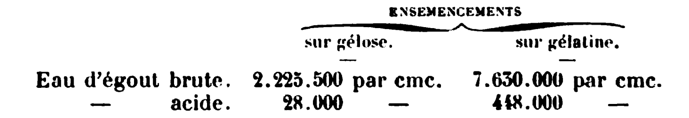
Un flacon réservoir remplit un petit vase qui se vide lorsqu'une pince est ouverte par la tige d'un flotteur mû par un réservoir à siphon analogue à ceux des water-closets. L'eau à épurer tombe sur un disque en porcelaine perforée placé dans un tube sur une sorte de petit lit bactérien formé de divers matériaux. Ce tube a 30 centimètres. Au fond, l'évacuation se fait par un plan incliné qui dirige l'effluent vers un orifice d'où il tombe dans un deuxième tube semblable, puis dans d'autres tubes. On peut recueillir des échantillons de l'eau ayant passé dans chaque tube.

L'écoulement continu est obtenu par des tubes effilés, disposition analogue à celle que nous-mêmes avons adoptée pour nos essais de nitrification continue il y quelques années.

L'eau d'égout de *Bradford*, qui a été employée pour ces expériences, est très chargée et contient surtout beaucoup de matières grasses. Le volume journalier est d'environ 60 000 mètres cubes. Il est traité par l'acide sulfurique de façon à ce que l'eau garde une acidité de 50 à 100 milligrammes par litre. Il est alors mis à décanter dans de grands bassins. et le liquide acide est envoyé à la rivière. On a entrepris de très nombreuses expériences sur l'effluent de ces bassins de décantation, soit acide, soit neutralisé, soit rendu alcalin.

Les résultats ont montré que, jusqu'à certaines limites, l'acidité n'empêche pas l'épuration dans les lits bactériens. quoiqu'il n'y eût pas de nitrification (sauf une très faible dans une série d'expériences) à moins de neutraliser l'acidité dans le lit.

L'addition d'acide dans une eau d'égout diminue considérablement le nombre des germes, comme le montrent les résultats suivants :



	ENSEMENCEMENTS	
	sur gélose.	sur gélatine.
Eau d'égout brute.	2.225.500 par cmc.	7.630.000 par cmc.
— acide.	28.000 —	448.000 —

Cette réduction est due en partie à la précipitation mécanique, mais surtout à l'acidité, car elle est surtout marquée

pendant la première heure après l'addition d'acide et avant que la sédimentation se soit opérée. Plus tard la diminution est faible.

Il faut noter que les bactéries du groupe du *Bacterium coli* ne sont pas entièrement détruites en 24 heures, tandis que le *Bacille typhique* disparaît en 30 minutes.

Dans toutes les expériences, l'épuration a été appréciable. Il est cependant à remarquer que la quantité d'ammoniaque augmente sensiblement et que la nitrification est très lente à s'établir dans les lits. Mais l'acidité disparaît toujours pour être remplacée par une réaction alcaline. L'eau brute, presque noire au début, devient brun clair après l'addition d'acide et l'effluent des lits n'a plus qu'une couleur jaune pâle.

Le pourcentage d'épuration augmente avec la profondeur des lits comme le montrent les résultats suivants :

	PROFONDEUR DES LITS				
	0 m. 30	0 m. 60	0 m. 90	1 m. 20	1 m. 50
Oxygène absorbé en 4 heures.	44	63	73	85	86
Azote albuminoïde	56	64	78	79	82
Ammoniaque (augmentation). .	26	42	94	86	42

D'autre part, le pourcentage d'épuration est d'autant plus élevé que la quantité d'eau traitée par unité de surface et de temps est plus faible.

	VOLUME D'EAU PAR M² ET PAR JOUR		
	0 m³ 280	0 m³ 560	1 m³ 120
Oxygène absorbé en 4 heures.	67	63	48
Azote albuminoïde	83	83	52
Nitrates	traces.	traces.	néant.

La dimension des matériaux des lits a une grande importance et les résultats les meilleurs sont obtenus avec les matériaux les plus fins :

	DIAMÈTRE DES MATÉRIAUX		
	12 à 18 mm.	3 à 6 mm.	2,5 à 3 mm.
Oxygène absorbé en 4 heures.	44	52	68
Azote albuminoïde	»	42	53
Ammoniaque (augmentation). .	15	13	16
Nitrates	présence.	traces.	néant.

Cependant le lit composé des plus fins matériaux commença à se colmater à la fin de l'expérience.

Les deux derniers tableaux se rapportent à l'épuration d'eaux neutralisées par la chaux; mais une nouvelle série d'expériences avec l'eau acide a donné des résultats analogues.

Quelques essais de filtration sur la terre ont donné une très bonne épuration. Par contre les lits de contact, employés soit avec l'eau acide, soit avec l'eau neutralisée, ont donné des résultats si inférieurs à ceux des lits à percolation, qu'on doit les rejeter pour le traitement de ces eaux.

Les conclusions de *A.-H. Fardon* sont les suivantes :

Un grand nombre de facteurs importants, tels que les dimensions des différents matériaux des lits bactériens, la profondeur des lits, la méthode de répartition, le taux de déversement, etc., peuvent être facilement déterminés au laboratoire sans grands frais, avant de construire l'installation d'épuration.

Le traitement préliminaire des eaux d'égout par un acide minéral, par exemple pour séparer les matières grasses des eaux résiduaires de peignages de laine, n'est pas un obstacle au traitement par les méthodes biologiques. Les acides détruisent un grand nombre des bactéries des eaux d'égout, en particulier le bacille typhique, mais il en reste suffisamment pour que peu à peu un lit bactérien devienne actif.

Les méthodes de distribution continue ou intermittente donnent des résultats semblables, mais la méthode par simple contact ne peut être employée pour une eau d'égout acide.

Les processus de maturation et de nitrification sont considérablement retardés dans les lits sur lesquels on traite une eau d'égout acide.

Une acidité de 100 à 120 milligrammes par litre est rapidement neutralisée, même par des matériaux inertes comme le coke. La neutralisation préalable ne hâte pas la maturation des lits.

ADDENDUM

SERVICE D'ANALYSE POUR LA RECHERCHE DES POLLUTIONS PRODUITES DANS LES COURS D'EAU PAR LES DÉVERSEMENTS D'EAUX RÉSIDUAIRES INDUSTRIELLES

En exécution des instructions de M. le Conseiller d'État, directeur général des eaux et forêts, nous avons reçu des demandes d'analyses pour la recherche des contaminations produites dans les cours d'eaux par les déversements industriels. On trouvera ci-après un court résumé de chacun des rapports que nous avons adressés aux inspecteurs du service des eaux et forêts au sujet des échantillons prélevés par leurs soins.

Voici d'abord le texte de l'instruction que nous avons établie pour ces prélèvements :

INSTRUCTION

SERVICE DES ANALYSES D'EAUX RÉSIDUAIRES INDUSTRIELLES

Recherche de la pollution produite dans les cours d'eau par le déversement des eaux résiduaires industrielles.

1° Pour que cette recherche soit possible, il faut prélever les échantillons à six endroits différents :

a) A 100 mètres en amont du point de déversement;

b) Au point de déversement;

c) A 100 mètres en aval du point de déversement;

d) Eau résiduaire industrielle telle qu'elle est déversée;

e) Échantillon du dépôt boueux s'il y a envasement du cours d'eau.

2° Il sera prélevé, de chaque échantillon, deux litres. Les vases seront autant que possible neufs, ou, tout au moins, lavés abondamment et plusieurs fois avec l'eau à analyser. Les bouchons de liège seront neufs. Chaque vase sera soigneusement étiqueté.

3° Le prélèvement n'aura lieu que par temps sec.

4° Expédier les flacons, entourés de sciure de bois et de glace, par chemin de fer en grande vitesse (franco à domicile) à l'Institut Pasteur à *Lille* (*Nord*). *Service des analyses d'eaux.*

5° Répondre au questionnaire ci-contre.

Observations particulières :

. . . .

QUESTIONNAIRE

1° Quel est le volume de l'eau résiduaire déversée, par rapport au volume d'eau qui s'écoule dans la rivière ou le cours d'eau?

2° Le déversement d'eaux résiduaires est-il continuel ou intermittent? (Se préoccuper du moment du déversement pour ne prendre les échantillons que lorsqu'il a lieu.)

3° L'aspect et l'odeur de l'eau de la rivière changent-ils d'une façon manifeste après le déversement?

4° Quelle est la nature des eaux résiduaires déversées? et par quelles industries?

Sur 56 enquêtes que nous avons examinées, concernant le déversement d'eaux les plus diverses, nous avons conclu sept fois qu'il n'y avait pas lieu à interdiction. Pour les autres, un traitement préalable des eaux résiduaires devait être exigé.

Nous estimons qu'on ne doit évidemment pas demander aux industriels de rejeter dans les cours d'eaux des eaux plus pures que celles qu'ils leur empruntent et même que, dans certaines circonstances, l'administration a le devoir de se montrer tolérante, en particulier lorsque les quantités d'eaux résiduaires rejetées au moment du plus fort débit ne représentent qu'une minime portion du débit de cette rivière.

Pour les eaux résiduaires ne contenant que des matières organiques en solution, il existe des procédés assez économiques permettant de rendre les eaux imputrescibles. Nous avons déjà étudié quelques-uns de ces procédés et nous en avons publié les résultats.

Pour les autres eaux résiduaires il y a deux cas où le déversement doit être interdit formellement :

1° *Les eaux contenant des acides libres minéraux*, tels que l'acide sulfurique et chlorhydrique employés dans les tréfileries. Ces acides dissolvent et maintiennent en solution un certain nombre de métalloïdes et métaux très toxiques. Les eaux dont il s'agit seront avantageusement traitées par la chaux qui donnera des sels non toxiques en précipitant tous les oxydes des autres métaux. Il est nécessaire que ces oxydes soient retenus par une bonne décantation car ils pourraient se redissoudre sous certaines influences dans le lit de la rivière.

2° *Les eaux chargées de matières en suspension*. Lorsque ces matières sont inertes, leur déversement dans les cours d'eaux n'a que l'inconvénient d'envaser leur lit, mais si ces matières sont organiques (par exemple la cellulose des drèches de betteraves ou de pommes de terre) elles se déposent au fond du lit de la rivière et y fermentent en produisant des composés nuisibles pour la vie des poissons et des odeurs désagréables pour les riverains. Il est donc indispensable de prescrire aux industriels de ne déverser dans les cours d'eaux que des eaux ne contenant pas de matières en suspension.

Résultats sommaires des analyses effectuées à l'Institut

INSPECTION	LIEU DE PRÉLÈVEMENT	EAU RÉSIDUAIRE DE	CONSTATATIONS
Montargis. . . .	C. — Loiret	Fabrique d'acide sulfurique et de superphosphates.	Empoisonnement du poisson dans la rivière du Solin.
Raon-l'Étape . .	E. — Vosges	Féculerie.	Contamination de la rivière la Valdange.
Abbeville	H. — Somme. . . .	Distillerie.	Contamination de rivière.
Id.	N. — Somme. . . .	Distillerie.	*Id.*
Dieppe	A. — Seine-Infér.. .	Fabrique de soie artificielle.	Empoisonnement du poisson dans la rivière la Béthune.
Bonneville. . . .	C. — Haute-Savoie.	Fabrique de chlorate de potasse.	. . . .
Id.	G. — *Id.*	Fabrique de chlorure de calcium.	. . . .
Briançon	B.	Traitement des bourres de soie.	Contamination de la Durance.
Raon-l'Étape . .	. . . .	Teinturerie de laine.	Contamination de la Meurthe.
Id.	. . . .	*Id.*	*Id.*
Remiremont. . .	. . . .	Fabrique et teinturerie de papiers.	Contamination du ruisseau Sainte-Anne.
Die	Drôme	Teinturerie.	. . . .
Id.	*Id.*	Tannerie	. . . .
Lamarche. . . .	G. — Vosges	Papeterie.	Contamination de la Saône.
Troyes (Aube). .	. . . .	Teinturerie	Contamination de la Vacherie.
Id.	. . . .	*Id.*	*Id.*
Id.	. . . .	Filature et teinturerie.	Contamination de la Seine.
Id.	. . . .	. . . .	*Id.*

Pasteur de Lille pour le Service des Eaux et Forêts.

DATE	CONCLUSIONS DES ANALYSES
Janvier 1905. . .	Les eaux ne contiennent pas d'acides libres ni de produits toxiques. L'empoisonnement des poissons peut être attribué à un déversement accidentel d'eaux très acides qu'on ne peut constater par l'analyse des échantillons.
Id.	Eaux nuisibles aux poissons par suite des matières organiques en suspension qu'elles apportent dans la rivière.
Id.	La cause de contamination ne peut être attribuée aux eaux résiduaires de l'usine.
Id.	Eaux résiduaires putrescibles pouvant contaminer les eaux de la rivière.
Février 1905. . .	Les prélèvements ont été effectués trop tardivement pour qu'on puisse retrouver des produits toxiques pour les poissons. L'empoisonnement a été occasionné probablement par un déversement accidentel d'eaux nuisibles.
Mars 1905	Pas de produits nuisibles pour le poisson.
Id.	Id.
Juin 1905	Eaux très contaminées, nuisibles aux poissons, doivent être épurées.
Id.	Les eaux de la Meurthe ne semblent pas sérieusement contaminées par le déversement de ces eaux, il serait cependant à recommander d'éliminer les matières grasses qu'elles contiennent.
Id.	Id.
Juillet 1905 . . .	La contamination est due uniquement à la fermentation des matières cellulosiques qui se déposent dans le ruisseau : il y a lieu de prescrire une décantation parfaite des eaux avant leur évacuation.
Id.	Eaux acides à neutraliser avant leur rejet.
Id.	La pollution du ruisseau est faible mais il faut prescrire une décantation parfaite des eaux qui doivent être légèrement alcalines avant leur déversement.
Août 1905	Pas de contamination si ce n'est par les matières en suspension qui doivent être éliminées des eaux avant leur déversement.
Id.	Contamination surtout par les matières en suspension.
Id.	Id.
Id.	Contamination très peu importante. Les matières en suspension doivent être éliminées.
Id.	La Vacherie contaminerait peu la Seine si les eaux n'y apportaient pas de matières en suspension putrescibles.

INSPECTION	LIEU DE PRÉLÈVEMENT	EAU RÉSIDUAIRE DE	CONSTATATIONS
Évreux (Eure). .	S. M. Eure-et-Loir .	Papeterie.	Contamination de l'Eure et de l'Iton.
Mirecourt (Vosges).	V. — Vosges. . . .	Brasserie.	Contamination de l'Illon.
Nantes (Loire-Inférieure).	Loire-Inférieure. . .	Limite de la salure des eaux de la Loire	
Marseille (Bouches-du-Rhône)	A. — Bouches-du-Rhône.	Tannerie	Contamination de l'Huveaune.
Saint-Loup (Hte-Saône).	A. — Haute-Saône .	Tréfilerie et laminoirs.	Contamination de la Semouse.
St-Gobain (Aisne)	F. — Aisne.	Sucrerie	Contamination . . .
Abbeville (Somme).	E. — Somme. . . .	Sucrerie	*Id.*
Id.	St-R. — *Id.*	Sucrerie	*Id.*
Id.	C. — *Id.*	Sucrerie	*Id.*
Id.	H. — *Id.*	Distillerie.	*Id.*
Id.	N. — *Id.*	*Id.*	*Id.*
Saint-Julien (Ain)	S. C. — Ain.	Fabrique de produits pharmaceutiques.	Empoisonnement présumé du poisson.
Saint-Hippolyte (Doubs).	D. — Doubs	. . . .	. . . .
Beauvais (Oise).	M. — Oise	Fabrique de tapis. .	Empoisonnement du poisson.
Id.	V. — Oise	Fabrique de cyanure de potassium et sodium.	*Id.*
Abbeville (Somme).	H. — Somme. . . .	Distillerie.	Contamination.. . .
Id.	N. — *Id.*	*Id.*	*Id.*
Dieppe (Seine-Inférieure).	A. — Seine-Infér. . .	Sucrerie	*Id.*
Vitry-le-François	. . . .	Sucrerie	*Id.*
Moutiers (Savoie)	N. et B. — Savoie .	Fabrique de carbures.	Empoisonnement du poisson.
Nantes (Loire-Inférieure).	C. — Loire-Infér.. .	Papeterie.	Contamination de la Sèvre.
Beauvais (Oise).	H. — Oise	Fabrique de sodium.	Empoisonnement du poisson.
Moutiers (Savoie)	D. et B. — Savoie .	Fabrique de carbures.	*Id.*

DATE	CONCLUSIONS DES ANALYSES
Septembre 1905.	Les eaux doivent être débarrassées des matières cellulosiques qu'elles entraînent et qui, se déposant dans l'Iton, y fermentent et nuisent aux poissons.
Id.	L'eau résiduaire contient en solution et en suspension une trop grande quantité de matières organiques pour être déversée dans un cours d'eau d'aussi faible courant.
Octobre 1905 . .	Cette limite a pu être fixée à Cordemais Migron.
Id.	Contamination peu importante, mais les déversements doivent être surveillés.
Id.	Eaux résiduaires contenant du plomb et des acides libres très nuisibles pour les poissons et les autres animaux.
Novembre 1905 .	Eaux peu contaminées.
Id.	Eau très peu contaminée. Exiger une meilleure décantation.
Id.	Eaux contaminées, doivent être épurées.
Id.	Id.
Décembre 1906. .	Eau peu contaminée.
Id.	Id.
Février 1906. . .	Les eaux contiennent des traces d'alcaloïdes toxiques, probablement inoffensifs à ces doses.
Juillet 1906 . . .	Eaux non acides.
Id.	Eaux nuisibles, contiennent de l'acide sulfureux et de l'acide sulfurique.
Août 1906	Aucun produit nuisible.
Décembre 1906 .	Pas de contamination par l'eau résiduaire.
Id.	Contamination très faible.
Janvier 1907. . .	Contamination peu importante. On doit exiger une meilleure décantation des eaux.
Id.	Eaux chargées de matières organiques, mais la grande dilution dans les eaux de l'Aisne semble les rendre peu nuisibles.
Février 1907. . .	Les matières résiduaires, soumises à l'analyse, déversées dans l'Isère, sont toxiques pour le poisson.
Mai 1907.	Eau peu souillée de matières organiques solubles. On doit exiger une meilleure décantation des eaux.
Id.	L'eau de la rivière ne contient pas de produits toxiques : il n'en est pas de même de l'eau résiduaire qui, si elle est déversée dans la rivière, peut causer la mort du poisson.
Juin 1906	Mêmes conclusions que dans le rapport de février 1907.

INSPECTION	LIEU DE PRÉLÈVEMENT	EAU RÉSIDUAIRE DE	CONSTATATIONS
Beauvais (Oise).	M. — Oise	Tannerie	Contamination du Thérain.
Le Mans (Sarthe)	M. — Mayenne . . .	Mines d'anthracite .	Contamination . . .
Clermont (Puy-de-Dôme).	. . . .	Distillerie.	Contamination du Jauron.
Abbeville (Somme).	E. — Somme. . . .	Sucrerie	Contamination . . .
Id.	C. — *Id.*	*Id.*	*Id.*
Vouziers	A. — Aisne.	Sucrerie et distillerie.	*Id.*
Bourg-Saint-Andéol (Ardèche).	F. — Ardèche. . . .	Fabrique de produits chimiques.	Contamination de l'Ouvèze.
Dieppe (Seine-Inférieure).	A. — Seine-Infér.. .	Fabrique de soie artificielle.	Empoisonnement du poisson.
Id.	*Id.*	*Id.*	*Id.*
Id.	*Id.*	*Id.*	*Id.*
Nantes (Loire-Inférieure).	A. — Loire-Infér.. .	Papeterie.	Contamination de la Sèvre-Nantaise.
Bains (Vosges) .	. . . .	Féculerie.	Contamination . . .
Dijon (Côte-d'Or)	. . . .	Fabrique de produits pyroligneux.	Empoisonnement du poisson.
Nantes (Loire-Inférieure).	A. — Loire-Infér.. .	Papeterie.	Contamination de la Sèvre-Nantaise.
Épinal (Vosges).	. . . .	Teinturerie.	Contamination de la Moselle.

DATE	CONCLUSIONS DES ANALYSES
Juillet 1907 . .	Les eaux renferment des produits nuisibles (sulfures), des matières organiques en grande quantité et elles ont une alcalinité trop forte. Ces eaux, déversées dans une rivière à faible débit, doivent causer la mort du poisson.
Août 1907 . . .	Ces eaux acides, très minéralisées et riches en fer, sont nuisibles à la vie du poisson.
Septembre 1907.	Ces eaux, chargées de matières organiques polluant le ruisseau peu important dans lequel elles se jettent, doivent être épurées.
Novembre 1907 .	Eau peu contaminée.
Décembre 1907 .	*Id.*
Id.	Eaux contaminées.
Janvier 1908. . .	Eaux acides et riches en fer, nuisibles aux poissons.
Février 1908. . .	Les eaux ne contiennent pas de produits toxiques, si ce n'est des proportions anormales de sulfates alcalins qui peuvent nuire à certains poissons très sensibles comme les truites. On ne peut déterminer exactement la cause de l'empoisonnement.
Id.	Mêmes conclusions.
Mars 1908. . . .	L'analyse démontre la présence, dans les eaux, d'alcalis libres toxiques pour les poissons.
Id.	Les eaux sont acides, ce qui est très nuisible aux poissons, et contiennent des matières cellulosiques en suspension. Les eaux doivent être rendues légèrement alcalines et débarrassées des matières en suspension.
Avril 1908	Eaux très contaminées et nuisibles aux poissons.
Mai 1908.	Les produits examinés sont toxiques pour les poissons.
Id.	Mêmes conclusions qu'en mars.
Juin 1908.	Échantillon trop peu important. Il n'a pas été possible de caractériser de composés toxiques.

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES PLANCHES, FIGURES ET GRAPHIQUES

PLANCHES

FIGURES

GRAPHIQUES

63 637. — PARIS, IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, rue de Fleurus, 9.